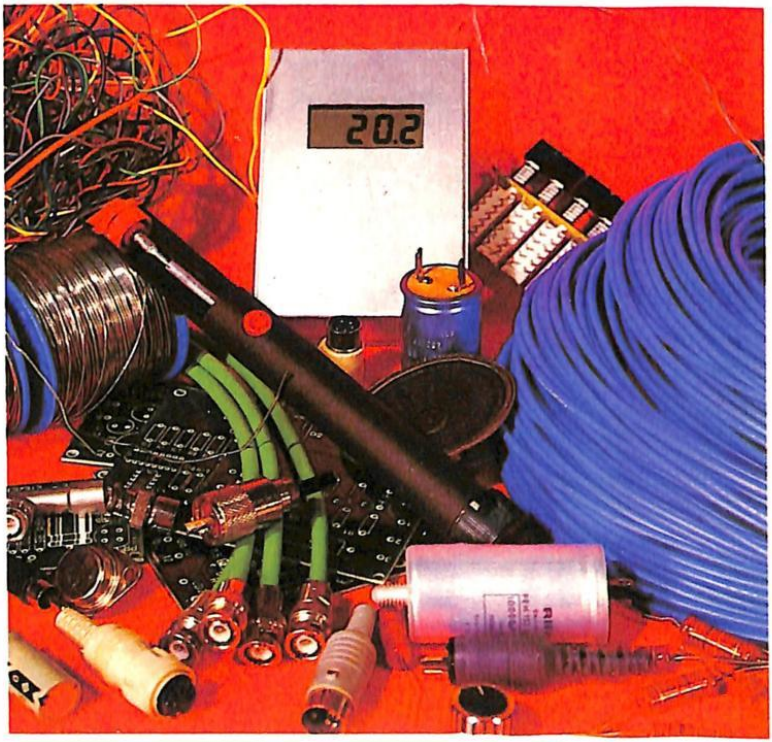
LIBRI DI BASE

ELETTRONICA

TECNICHE PRATICHE PER L'HOBBISTA



GRUPPO EDITORIALE JACKSON

LIBRI DI BASE

ELETTRONICA

TECNICHE PRATICHE PER L'HOBBISTA

GRUPPO EDITORIALE
JACKSON

Direttore responsabile :
Paolo Reina

Direttore di divisione :
Roberto Pancaldi

Supervisore dell'opera :
Fosco Bellomo

Coordinamento editoriale :
Renata Rossi

Copertina :
Sergio Mazzali

Fotolito :
3C - Milano

Stampa :
GRAFICA 85 - Rodano Millepini

Distribuzione :
Sodip - Milano

Tutti i diritti di riproduzione e pubblicazione di disegni , fotografie e testi sono riservati.

© Gruppo Editoriale Jackson - 1988

Aut. alla pubblicazione n^{0} 793 del 30/11/1987
(autorizzazione della Direzione Provinciale delle PPTT di Milano)

INDICE

Capitolo 1

5 Metodi per effettuare saldature corrette

Capitolo 2

17 Metodi per dissaldare

Capitolo 3

29 I collegamenti negli apparecchi audio

Capitolo 4

57 I collegamenti video

Capitolo 5

69 Metodi di distribuzione del suono via cavo

Capitolo 6

95 Metodi di distribuzione del suono senza filo

Capitolo 7

107 Metodi di misura in bassa frequenza

Capitolo 8

133 Metodi di condizionamento acustico

CAPITOLO 1

METODI PER EFFETTUARE SALDATURE CORRETTE

Non si può pensare di costruire alcuna apparecchiatura elettronica senza comprendere la fase di saldatura in qualche momento del suo processo di fabbricazione.

Talvolta nasce la domanda: è strettamente necessario saldare i terminali dei componenti perchè il complesso funzioni? La risposta può avere due aspetti distinti.

Innanzi tutto, è chiaro che la funzione fondamentale della saldatura si basa sulla necessità di effettuare un *collegamento* tra i terminali. Quali altri sistemi si possono utilizzare? Molti: dal ritorcere tra loro i cavi da collegare, così come si fa in elettrotecnica, fino ai sofisticati sistemi di interconnessione a pressione.

Data la tendenza dell'elettronica alla miniaturizzazione, sotto ogni punto di vista, è impensabile che si possa adottare il primo metodo menzionato.

Qualunque altro sistema elettromeccanico si utilizzi (pressione, molle, viti, ecc.) occupa uno spazio considerevole, abitualmente maggiore di quello del componente in se stesso.

Senza dubbio la saldatura ha il vantaggio innegabile di occupare uno spazio fisico trascurabile, essendo possibile utilizzare tecniche speciali, comprese quelle dei collegamenti interni dei circuiti integrati. Comunque, supponendo che si possa utilizzare qualcuno dei sistemi accennati, perchè è conveniente la saldatura?

Qui compare il secondo aspetto della risposta. La saldatura presenta due chiari vantaggi rispetto agli altri sistemi: una grande resistenza meccanica e una bassissima resistenza elettrica della giunzione formata. Questi due vantaggi si ottengono grazie alla naturalezza del processo.

La saldatura

Il processo di saldatura consiste pertanto nell'unire due conduttori di qualsiasi tipo e forma (terminali di componenti tra loro o ad un circuito stampato, fili e cavi, telai metallici, ecc.) in modo che, mediante l'apporto di un terzo materiale conduttore, liquefatto per fusione ad una determinata temperatura, si formi un composto intermetallico tra i tre conduttori che, raffreddandosi fino alla temperatura ambiente, crea una giunzione rigida permanente.

Precauzioni

La realizzazione di una saldatura richiede delle condizioni iniziali sulle superfici dei conduttori che si stanno collegando, così come sugli utensili per saldare, che occorre considerare, sempre che si desideri ottenere un risultato finale soddisfaciente e di buona qualità.

Si deve tener conto e controllare costantemente lo stato di pulizia dei conduttori che si vogliono saldare, poichè la presenza di ossidi, di grassi e di qualsiasi altro tipo di sporcizia, impedisce che la saldatura abbia le qualità necessarie per poter durare nel tempo senza alcun degrado.

Ciò è dovuto al fatto che, nonostante sia stata fornita la temperatura necessaria, le superfici dei metalli da unire non l'hanno raggiunta,a causa dell'effetto di isolamento termico degli ossidi o della sporcizia che li ricopriva, e pertanto non si è formato, o lo ha fatto in modo parziale, un composto intermetallico adeguato.

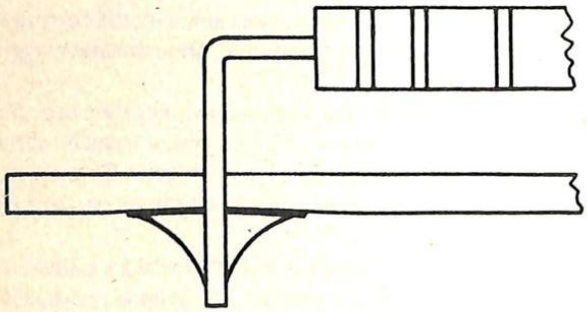


Fig. 1.-Sezione di una saldatura in un circuito stampato monofaccia. Lo stagno copre completamente il nodo e sale leggermente sul filo.

Lega metallica

La lega metallica utilizzata nel processo è, logicamente, un elemento di grande importanza. Questa lega è costituita dall'insieme di due metalli, stagno e piombo, in una proporzione del 60% di stagno e del 40% di piombo, e si trova in commercio sotto forma di filo, con diametro variabile secondo i tipi e le marche, arrotolato su un supporto di dimensioni dipendenti dalla lunghezza totale del filo avvolto. Questo filo per saldare è comunemente noto con il nome di *stagno*.

La lega fonde ad una temperatura di circa 190°C; viene comunque utilizzata una temperatura superiore.

Il filo di saldatura deve inoltre contenere, nel suo interno, una resina che faciliti l'operazione di saldatura, il cui compito è quello di effettuare un'ultima pulizia delle superfici, nello stesso momento in cui si esegue la saldatura stessa, e proteggerla dall'aria, poichè altrimenti l'elevata temperatura in atto accelererebbe l'ossidazione delle zone da unire e potrebbe arrivare a impedirne l'unione.

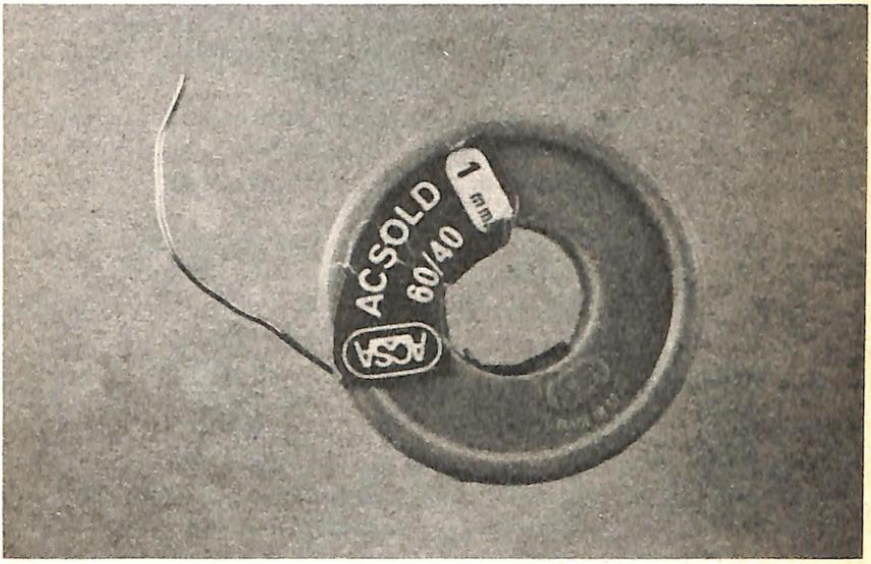


Fig. 2.-Bobina di filo per saldare. Si noti la scritta 60/40 che indica la proporzione di stagno e piombo contenuto.

Il saldatore

L'attrezzo che fornisce il calore per raggiungere la temperatura necessaria è il saldatore elettrico, che deve essere di qualità adeguata a garantire saldature affidabili, e del tipo più adatto per gli elementi che si devono saldare.

Taglio dei terminali

Esistono due metodi per realizzare la saldatura dei terminali dei componenti, che sono riferiti al momento in cui si effettua il taglio dell'estremità in eccesso per il corrispondente collegamento, cioè: *prima* della saldatura, e *dopo* la stessa.

Il primo ha il vantaggio che la lega fusa copre tutta l'estremità del terminale, e permette di ottenere una qualità di saldatura migliore; inoltre, si evita qualsiasi operazione successiva di rasatura dei reofori in eccesso, che potrebbe accidentalmente esercitare una certa forza di trazione, e danneggiare la saldatura stessa.

Questo metodo però, presenta l'inconveniente di richiedere una scelta molto accurata del punto di taglio del terminale, che non deve essere nè eccessivamente corto nè lungo; inoltre, soprattutto nel caso di un circuito stampato, i componenti cadono con facilità, se non si ha a disposizione una base di appoggio dei corpi degli stessi durante il montaggio.

Il secondo metodo permette un ancoraggio più comodo dei componenti,

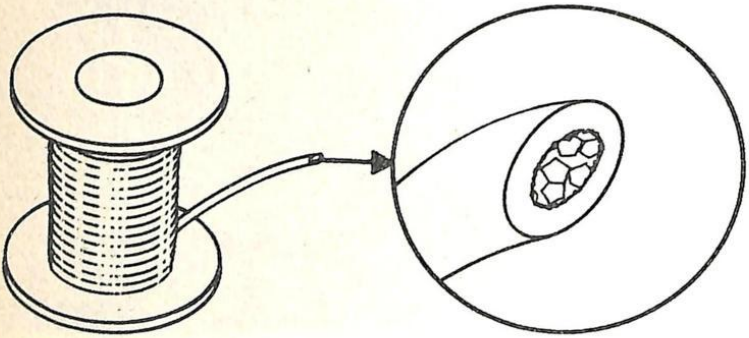


Fig. 3.-Estremità del filo per saldare in cui si osservano le cinque anime interne che contengono la resina necessaria per la saldatura.

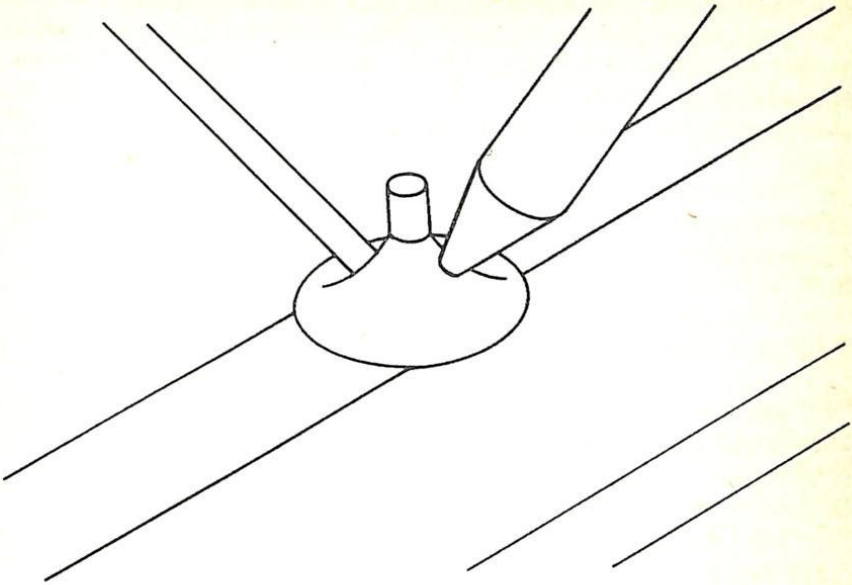


Fig. 4.-Aspetto di una saldatura effettuata unendo l'estremità del terminale di un componente e l'anello di rame dell'isola di un circuito stampato.

già inseriti nelle loro rispettive posizioni, ma richiede un utensile per il taglio di qualità migliore, allo scopo di evitare qualsiasi tipo di trazione sulla saldatura effettuata.

In entrambi i metodi, l'altezza dei terminali dei componenti che sporgono dalla piastra di saldatura del circuito stampato, e da qualsiasi altro punto di saldatura, deve essere di uno o due millimetri approssimativamente.

Fili e cavi

Per la saldatura di fili o cavi isolati, è necessario dapprima eliminare la zona di rivestimento isolante che ricopre l'estremità da saldare. Per questo, si *spellerà* l'estremità per una lunghezza approssimativa di quattro o cinque millimetri, cercando di non danneggiare il conduttore, e si effettuerà poi una stagnatura preliminare della zona spellata, applicando la punta del saldatore ed il filo di saldatura per un tempo sufficiente, che non provochi però il danneggiamento dell'estremità ancora ricoperta del cavo. E' conveniente non stagnare

una zona lunga circa due millimetri dall'estremità del rivestimento.

Un caso particolare è quello dei cavi con cui si costruiscono i trasformatori e alcune bobine, aventi un rivestimento di vernice trasparente, che è molto resistente alle temperature elevate, e deve essere eliminato prima della saldatura mediante un energico raschiamento, o con l' utilizzo di un solvente speciale.

Nel caso non si prenda questa precauzione, si può ottenere un collegamento meccanico, ma non elettrico, che può causare un'avaria di difficile localizzazione.

Procedimento

Effettuati tutti i preparativi, si procede alla realizzazione delle saldature, e si raccomanda, allo scopo di conseguire una sufficiente abilità, di cominciare ad eseguirle non sui circuiti stampati, ma su terminali di interconnesione, potenziometri, connettori, ecc.

Per realizzare la saldatura si applicherà calore con la punta del saldatore alle due superfici a contatto, e in seguito si porterà il filo di saldatura a contatto con la zona già calda; lo stagno si fonderà, e fluirà su tutta la zona grazie alla resina incorporata nella lega. La quantità di stagno apportata sarà quella sufficiente per ricoprire tutta la zona da saldare, lasciando intravedere le forme dei conduttori saldati, che è segno di buon *annegamento* delle superfici. In seguito si lascia raffreddare, facendo attenzione a non muovere assolutamente la zona saldata fino a che non raggiunge la temperatura ambiente. Se è necessario rettificare la posizione di qualcuno dei conduttori, si deve farlo prima della saldatura, o quando questa è completamente fredda.

Circuito stampato

Le saldature su circuito stampato, risultano più difficili per la maggior

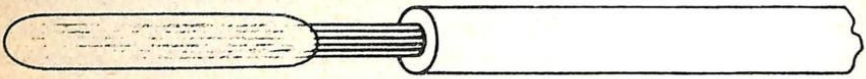


Fig. 5.-Stagnatura della punta di un cavetto.

delicatezza che ha il materiale quando è sottoposto alla temperatura di saldatura. Una cattiva esecuzione può produrre difetti irreparabili sull'aderenza del rame delle *piste* del circuito rispetto al materiale di base e, come conseguenza, sul comportamento del circuito già montato. D'altra parte, se le *piste* non sono troppo sottili, si comportano come dissipatori rispetto al calore che ricevono, il che allevia in parte il problema suddetto.

Il saldatore deve essere utilizzato solo per il tempo indispensabile, preferibilmente sul terminale da saldare, in modo che sia questo, mediante conduzione, a scaldare *l'isola* o punto di saldatura sul circuito stampato; si applica poi il filo di saldatura in modo che fluisca la quantità di stagno sufficiente per ricoprire il terminale e *l'isola*, ma ne lasci intravedere la forma. Se il foro del circuito stampato su cui si salda è metallizzato, lo stagno deve fluire attraverso questo e sporgere leggermente dal lato componenti.

Nel caso in cui si stia saldando l'estremità di un cavetto, preventivamente stagnato, occorre lasciare una zona di conduttore scoperta senza stagnatura tra la saldatura e il rivestimento del cavo, allo scopo di evitare la conseguente perdita di flessibilità che si verificherebbe, con la formazione di una zona molto facile alla rottura, dovuta a qualsiasi manipolazione o movimento successivo di tale cavetto.

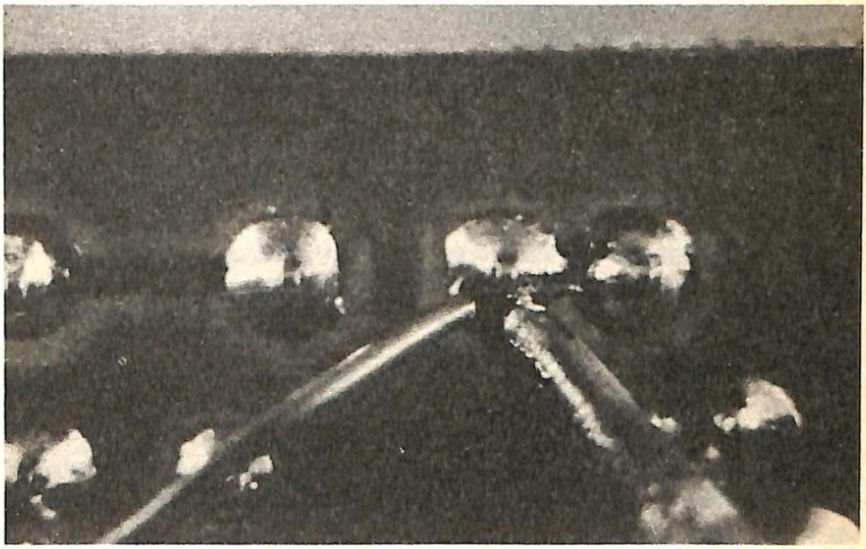


Fig. 6.-Dettaglio del procedimento di saldatura su un' isola di un circuito stampato.

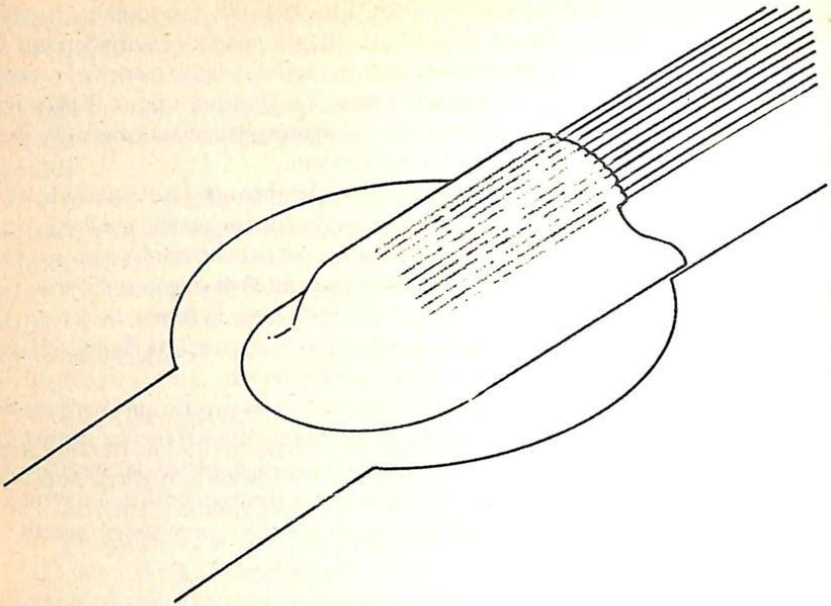


Fig. 7.-Cavetto saldato sull'isola di un circuito stampato. Si devono poter intravedere le forme dei fili conduttori.

Qualità della saldatura

La saldatura ottenuta deve avere un aspetto limpido e brillante, ed occorre evitare la formazione di pori o crepe che possono portare come conseguenza al suo rapido degrado nel tempo. La presenza di qualche forma di cristallizzazione o granulosità, è conseguenza del fatto di non aver applicato il saldatore per il tempo necessario, o di aver mosso la zona saldata prima che lo stagno si fosse raffreddato sufficientemente; questo difetto è noto con il nome di *saldatura fredda.*

Al contrario, l'ottenimento di un colore grigio opaco è normalmente dovuto al surriscaldamento della giunzione, il che è ugualmente poco raccomandabile.

In qualsiasi caso, è necessario, se si desidera ottenere un risultato soddisfacente, effettuare un ripasso di queste saldature con la punta del saldatore, aggiungendo talvolta una piccola quantità di stagno perchè la resina contenuta nello stesso contribuisca alla fluidità della saldatura. Con questo si ottiene la sicurezza di non aver lasciato possibili punti *deboli*, che possano causare

avarie nel funzionamento successivo dell'apparecchio.

Se si utilizzano circuiti stampati del tipo a *doppia faccia* con fori metallizzati, ci si deve particolarmente preoccupare che lo stagno fluisca attraverso il foro, fino a raggiungere l'altra faccia del circuito, come detto precedentemente; se ciò non accade, può essere dovuto ad un'insufficiente apporto di stagno o, il che è più grave, a una rottura interna della metallizzazione, che costringe ad effettuare una successiva saldatura, aggiungendo una certa quantità di lega dal lato componenti.

Qualsiasi dubbio circa l'esistenza o meno di conduzione elettrica tra le piste e attraverso i fori, deve essere risolto utilizzando un multimetro nella fase immediatamente successiva alla saldatura, e non in altri momenti.

Nel caso in cui nel circuito si debbano montare terminali *capicorda* che richiedono la successiva saldatura di qualche cavetto o altro componente, si

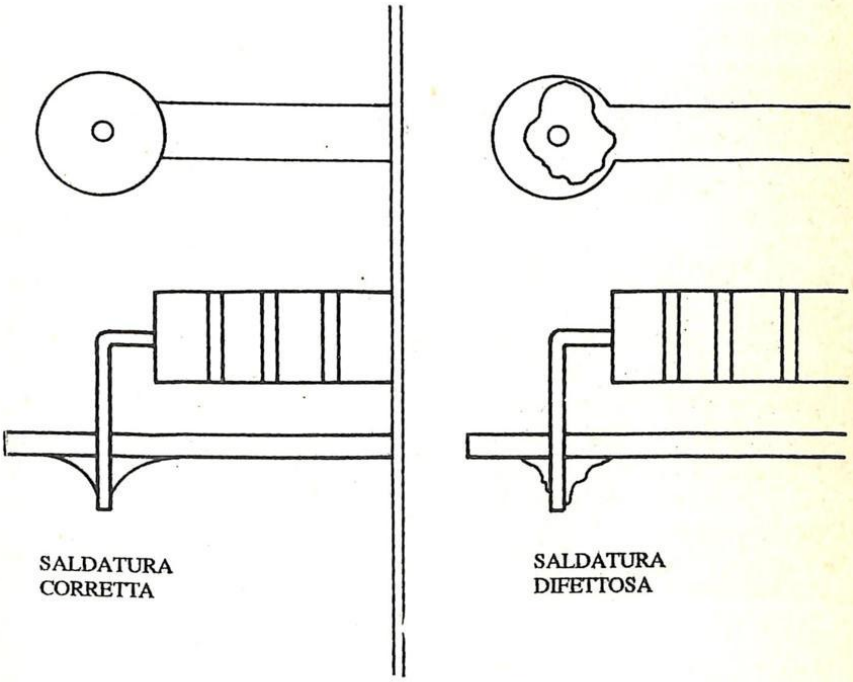


Fig. 8.-Esempi comparativi di saldatura corretta e difettosa. In questa si nota che lo stagno presenta irregolarità e non copre completamente l'isola.

raccomanda di eseguire qualche tipo di fissaggio meccanico prima della loro saldatura al circuito, come una piegatura dell'estremità, o una leggera ribattitura sull'*isola* dal lato saldature, perchè non si muovano quando si applicherà di nuovo il saldatore per effettuare la seconda saldatura, poichè le saldature iniziali, per conduzione termica, possono arrivare a scaldarsi in modo sufficiente a fondersi, con distacco del terminale, o con formazione di una *saldatura fredda.*

Danni dovuti alla temperatura

Quando si saldano componenti che possono danneggiarsi a causa della temperatura elevata richiesta dalla saldatura, e raggiunta attraverso la conduzione termica dei loro terminali, come transistori, circuiti integrati, diodi, e alcuni tipi di condensatore, si consiglia di utilizzare delle pinze a punte fini, in modo da poter afferrare il terminale che si sta saldando nella zona compresa tra il circuito stampato, o il punto di saldatura, e il corpo del componente, e fornire un eccellente radiatore verso l'ambiente del calore della saldatura, prima che questo raggiunga le zone più vicine ai punti sensibili; inoltre si ottiene la necessaria immobilizzazione del terminale.

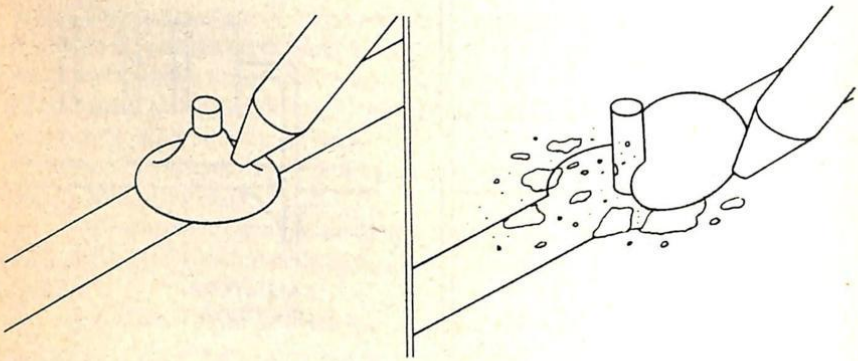


Fig. 9.-Confronto di due saldature sulla stessa pista di un circuito stampato. Quella di destra presenta dei difetti causati da mancanza di pulizia della zona.

Superfici grandi

La saldatura su grandi superfici esige una preparazione e un'attenzione molto più accurata, rispetto a quelle di tipo puntiforme.

Il primo fattore da considerare è la composizione dello strato superficiale, poichè questo deve formare una lega, con lo stagno-piombo che si aggiunge nel processo, allo scopo di ottenere il composto intermetallico necessario per un collegamento elettrico permanente.

Abitualmente, per la costruzione di scatole e telai metallici, si utilizza lamiera di ferro sottoposta a un trattamento superficiale, chimico o elettrolitico, mediante il quale si deposita uno strato di un certo spessore, di un composto che la protegge dall'ossidazione, e che permette di ottenere buone saldature se si esegue una asportazione preventiva dei grassi e degli altri materiali organici.

Se la lamiera è verniciata, sarà necessario raschiare lo strato di vernice fino a che il punto di saldatura diventi pulito e brillante. In qualsiasi caso, si

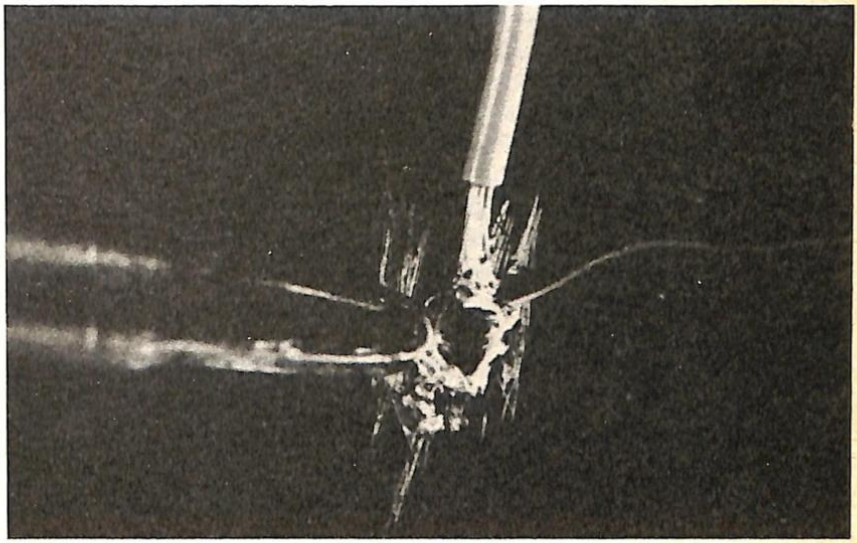


Fig. 10.-Saldatura su un punto di una superficie grande, utilizzando un saldatore a pistola. Dopo aver pulito la zona si effettua una stagnatura preventiva. In seguito si avvicina il terminale al punto di saldatura, riscaldando l'insieme con il saldatore e aggiungendo una certa quantità di stagno.

avrà una saldatura più affidabile se si provoca una certa rugosità della zona, poichè così la resistenza meccanica a trazione sarà maggiore di quella che si otterrebbe se fosse molto liscia.

La preventiva pulizia della superficie, è una condizione indispensabile per ottenere lo scopo desiderato; si può utilizzare a tal fine un buon solvente, come alcool o tetracloruro di carbonio. La saldatura si effettuerà applicando la punta di un saldatore, di potenza elevata, sulla zona da saldare, poichè la forte dissipazione termica verso l'ambiente di tutta la superficie rende molto difficile raggiungere la temperatura di saldatura, se si utilizzano saldatori a bassa potenza. Dopo qualche istante, si applica il filo di saldatura, che deve fondere, fluire e rimanere depositato nel punto di saldatura e sul terminale del filo o cavetto, preventivamente stagnato, che si desidera collegare, mentre si mantiene calda la zona con il saldatore. Quando si nota, semplicemente a occhio, che lo stagno ha *annegato* perfettamente entrambe le parti, si separa il saldatore, lasciando raffreddare la saldatura ed evitando qualsiasi movimento della stessa che la possa deteriorare durante il tempo di raffreddamento, che di solito è maggiore rispetto a quello di una saldatura *puntiforme*.

Sulla saldatura raffreddata si deve esercitare una piccola trazione, allo scopo di verificare se esiste l'aderenza sufficiente, e il procedimento si può considerare terminato, se l'esito della prova è positivo.

CAPITOLO 2

METODI PER DISSALDARE

In molti casi è necessario separare qualche collegamento elettrico, effettuato mediante saldatura a stagno in un apparecchio o in un circuito. Questa necessità si presenta con una certa frequenza quando si eseguono delle riparazioni o delle misure elettriche che lo richiedano. Pertanto, è molto importante saper effettuare con disinvoltura questa operazione, allo scopo di non produrre alcun danno al circuito su cui si sta operando, o ai componenti periferici.

L'operazione di dissaldatura consiste nel separare delle superfici, precedentemente collegate con lega di stagno-piombo, mediante la fusione e l'eliminazione successiva dei residui, in modo che tali superfici assumano un aspetto il più simile possibile a quello del loro stato originale.

Il metodo più semplice per effettuare questa operazione consiste nell'applicare calore con la punta del saldatore, esercitando al tempo stesso una forza di trazione su una delle superfici, normalmente sul terminale di qualche componente, in modo che, fondendo lo stagno, si produca la separazione richiesta.

Questo procedimento presenta i seguenti inconvenienti:

- Non si elimina lo stagno, per cui è necessario ripassare successivamente le superfici che erano unite, lasciando sempre residui non eliminabili, il che, se si tratta di terminali di componenti, impedisce un loro successivo montaggio, in quanto presentano in alcuni punti aderenze che rendono impossibile un loro reinserimento attraverso i fori di collegamento; inoltre, i residui rimasti in questi ultimi impediranno il montaggio, poichè li otturano totalmente o parzialmente.
- Quando si esercita la forza di trazione, si possono danneggiare sia

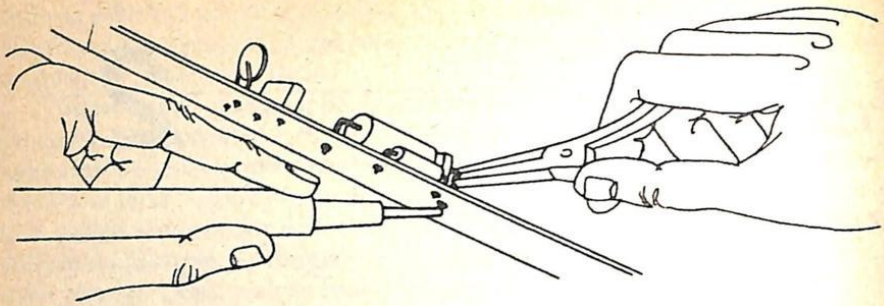


Fig. 1.-Il metodo di applicare la punta del saldatore mentre si tira il componente può danneggiare sia questo che il circuito stampato.

i componenti che il laminato di rame, se si tratta di un circuito stampato, arrivando al limite al suo distacco dal materiale di supporto, per cui il circuito risulta seriamente danneggiato e necessita di una riparazione molto difficile o quasi impossibile da effettuare.

- Se si pretende di inserire nel foro di connessione, ricoperto di stagno, il terminale di un nuovo componente, è necessario un apporto di calore fornito dal saldatore, contemporaneo all'inserimento, il che implica una manipolazione abbastanza difficoltosa, soprattutto se il componente ha più di due terminali; inoltre, un eccesso di calore potrebbe danneggiarlo. La saldatura ottenuta deve essere ripassata successivamente, aggiungendo una certa quantità di stagno, per ottenere una giunzione affidabile, grazie alla resina che questo contiene.

A causa degli inconvenienti suddetti, i vantaggi apparenti che presenta questo modo di procedere, quale la rapidità e il fatto di non dover disporre di un'attrezzo specifico, vengono a mancare. Pertanto si consiglia di usare, per dissaldare, qualche attrezzo addizionale, la cui funzione sia quella di assorbire ed eliminare lo stagno della saldatura originaria.

Esistono in commercio diversi tipi di attrezzi o utensili, progettati a questo scopo, che saranno descritti in seguito.

Dissaldatore con pompa aspirante in gomma

In primo luogo si può citare il dissaldatore con pompa aspirante, a for-

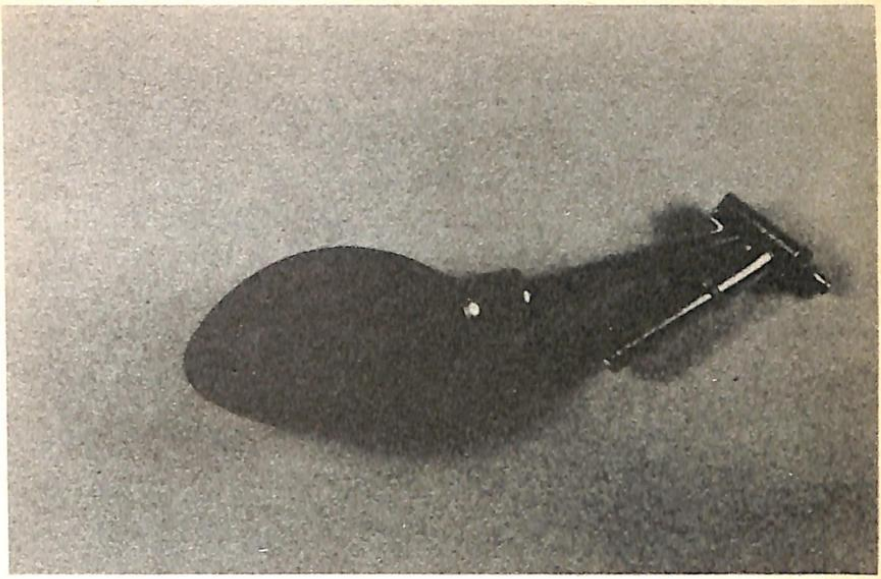


Fig. 2.-Accessorio dissaldatore completo per il montaggio su un saldatore di tipo a matita.

ma di *pera* in gomma o materiali simili. Questo attrezzo viene montato sulla base del corpo di un normale saldatore senza la punta.

Al posto di questa si ha un dispositivo, adattato all'estremità del cilindro metallico, che contiene la resistenza di riscaldamento, in modo quasi perpendicolare al saldatore, ed è costituito da un bocchino metallico con un foro che si prolunga, mediante un tubo metallico, fino a raggiungere una pompa in gomma situata in una posizione molto vicina a quella del manico del saldatore. Il materiale del bocchino è simile a quello che si utilizza per le punte di saldatura, ed è sottoposto allo stesso trattamento, per evitare ossidazioni.

Con questo dissaldatore si applica la temperatura necessaria per la fusione tramite il bocchino, mentre si mantiene premuta con la mano la pompa; quando lo stagno raggiunge lo stato liquido, questa viene rilasciata e si ha un assorbimento che provoca una separazione dello stagno fuso dalla giunzione, e l'aspirazione dello stesso all'interno della pompa dove rimane depositato; è necessario perciò, effettuare una pulizia periodica del sistema.

I vantaggi che presenta questo metodo sono i seguenti:

- E' di semplice applicazione, poichè tutte le operazioni si possono effettuare con una sola mano.

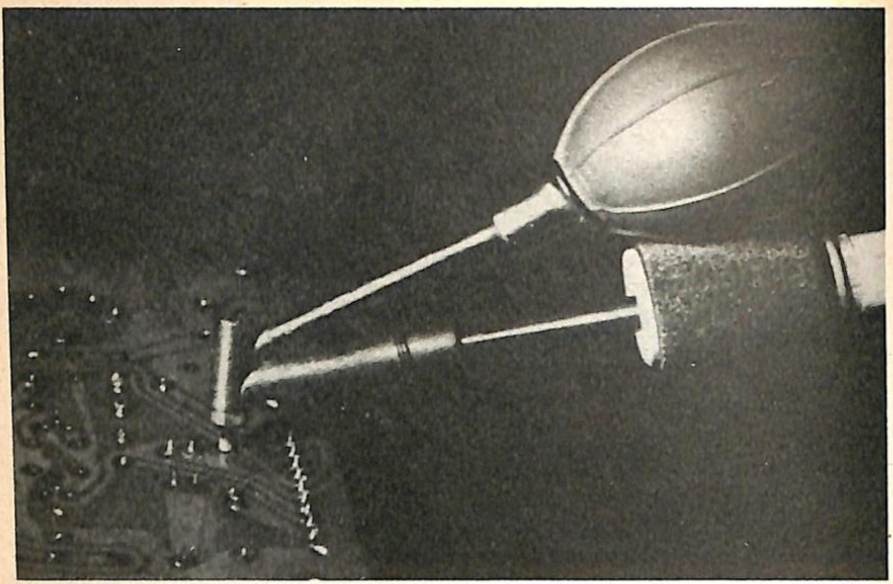


Fig. 3.-Modo d'uso del dissaldatore. Si osservi che il bocchino copre perfettamente la zona da dissaldare.

- Si può impiegare il corpo del saldatore di cui si dispone, sostituendo la punta per saldare con il dispositivo dissaldatore e viceversa.

Presenta allo stesso tempo alcuni inconvenienti:

- Il bocchino viene otturato facilmente dallo stagno assorbito, soprattutto quando si solidifica, per cui occorre effettuare periodicamente una pulizia dello stesso con un filo rigido che possa entrare nel foro, quando si trova alla temperatura di funzionamento. Questa operazione si può effettuare facilmente essendo possibile separare tutto il complesso di tubo e pompa dal proprio bocchino, al quale sono avvitati.
- Se si effettuano vari azionamenti ravvicinati della pompa, il dispositivo si può raffreddare al di sotto della temperatura di fusione, a causa dell'aria che penetra e sale rapidamente attraverso il bocchino.

Normalmente, soprattutto se si effettuano molte operazioni di saldatura e dissaldatura, comuni in tutte le riparazioni, è conveniente disporre dei due elementi, saldatore e dissaldatore in modo indipendente, per evitare i tempi

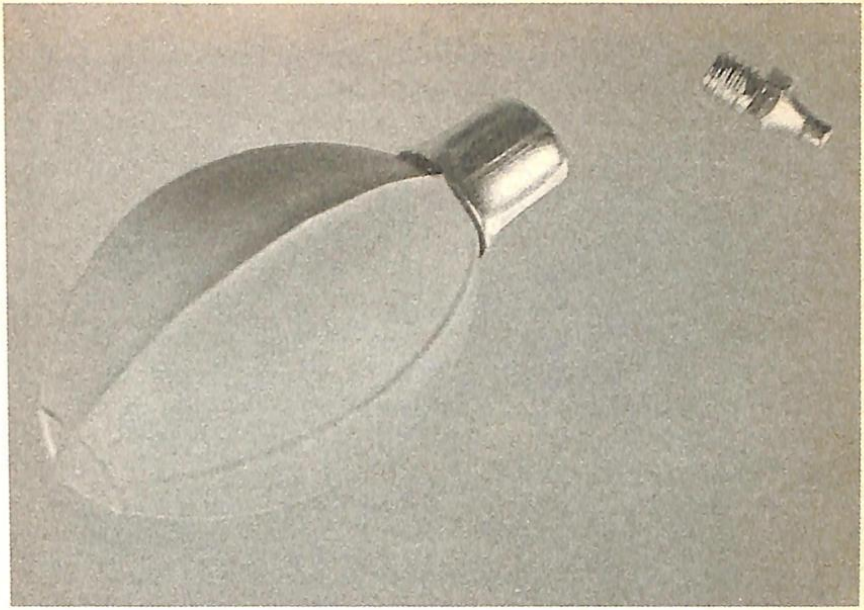


Fig. 4.-Accessori di ricambio per il tipo di dissaldatore descritto.

morti in attesa che avvenga un raffreddamento sufficiente per effettuare il cambio della punta con il bocchino, o viceversa, e per ottenere un nuovo riscaldamento successivo.

Questo modello di dissaldatore presenta un degrado nel tempo del bocchino, simile a quello che avviene sulla punta di un saldatore. Quando si avverte questo fenomeno, si dovrà sostituire solo il bocchino, che come già si è detto è avvitato sul supporto, e che si può trovare in commercio come parte di ricambio. Se non si esegue tempestivamente questa sostituzione, si arriverà a perdere la capacità di riscaldamento a causa dello strato di ossido che si è formato e che è termoisolante, e ne verrà impedita la dissaldatura.

Dissaldatore con pompa a stantuffo

Un altro sistema dissaldante, molto utilizzato, è quello che sfrutta una pompa a stantuffo, separata dal saldatore che funziona con la sua punta abituale. Queste pompe, esistenti in commercio in diversi modelli, hanno una forma cilindrica con un bocchino ad una estremità, attraverso cui penetra lo stagno, mentre sull'altra si trova il meccanismo di azionamento dello stantuffo, con un sistema interno che ne permette il bloccaggio e lo sbloccaggio suc-

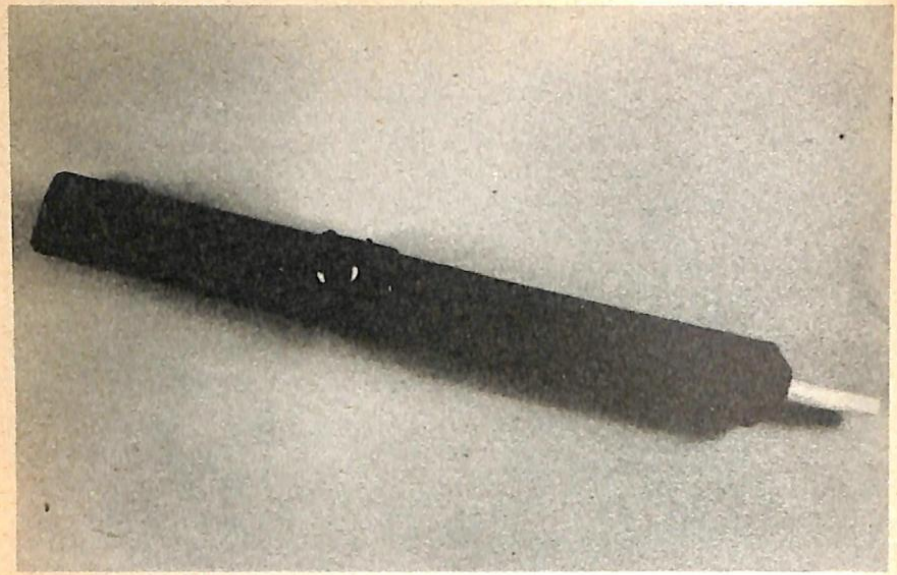


Fig. 5.-Questo è un tipo di pompa a stantuffo aspiratrice di stagno. L'assorbimento si produce quando lo stantuffo è azionato, e si preme sul pulsante che si vede nella fotografia.

cessivo.

Il procedimento di dissaldatura si effettua applicando calore alla giunzione, con la punta del saldatore, fino ad ottenere la fusione dello stagno; in quel momento si copre la zona fusa con il bocchino della pompa e lo stantuffo azionato. In seguito si preme il pulsante di sblocco, e lo stantuffo ritorna rapidamente indietro, grazie all'azione della molla di rilascio.

Questo effetto produce un assorbimento dello stagno fuso, che entra all'interno della pompa e vi rimane depositato allo stato solido, per cui, anche in questo caso, sarà necessaria una pulizia periodica della stessa.

I vantaggi di questo attrezzo sono i seguenti:

- Non necessita di riscaldamento poichè è il saldatore a produrre calore.
- Il bocchino non si ostruisce poichè, essendo realizzato in plastica ad alta temperatura di fusione (teflon), evita che si producano aderenze con lo stagno.
- La depressione esercitata per l'assorbimento è molto forte, per cui lo stagno entra con maggior rapidità e facilità.

Ha però anch'esso i suoi inconvenienti:

- E' necessario lavorare con due mani, una per il saldatore e l'altra per la pompa.
- Nei casi in cui non è possibile effettuare il riscaldamento e l'assorbimento contemporaneamente, ma in due fasi consecutive, l'azionamento della pompa sulla zona fusa deve essere molto rapido per evitare che si solidifichi la lega .

Questo modello, sempre che sia di una qualità adeguata a garantire un forte assorbimento, produce di solito una estrazione di stagno migliore del precedente, ma richiede più tempo per ottenere una certa pratica di utilizzo, a causa della difficoltà che implica l'utilizzazione di due mani contemporaneamente.

Dissaldatori professionali

Nei laboratori di riparazione e regolazione, si utilizzano sistemi di dis-

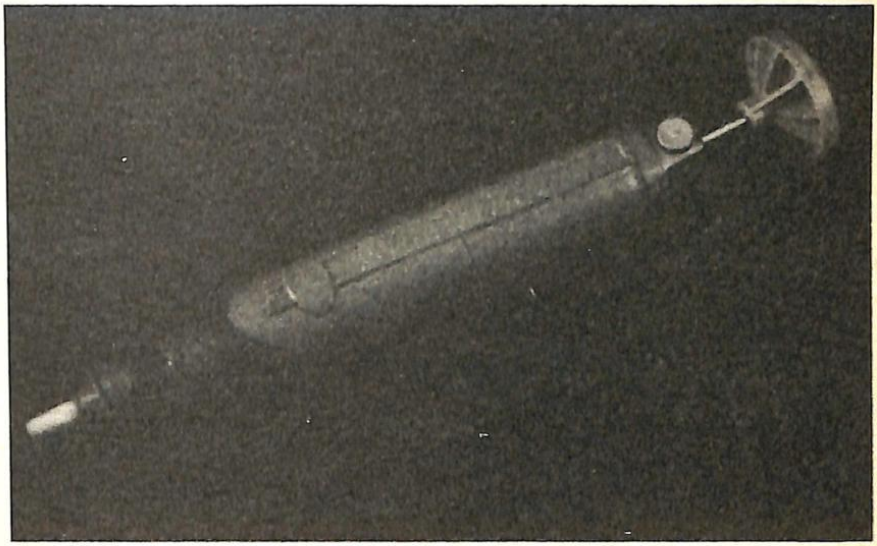


Fig. 6.-Altro tipo di pompa aspiratrice, basata sullo stesso principio della precedente. La zona trasparente vicina al bocchino permette di osservare l'accumulo dei resti di stagno.

saldatura che si azionano con una sola mano, e il cui funzionamento è automatico. L'aspiratore deve essere installato separatamente e si collega mediante un tubo di aspirazione alla punta dissaldante che incorpora anche il pulsante di azionamento.

Strisce dissaldanti

Un metodo abbastanza usato per dissaldare, consiste nell'impiego di una treccia di rame come mezzo di eliminazione dello stagno.

Queste trecce, dette *trecce dissaldanti* sono costruite con fili molto fini di rame che si intrecciano tra loro, in modo da ottenere una striscia piana di piccolo spessore. Sono arrotolate su una bobina, e contenute in un recipiente plastico con un foro da cui sporge un estremo della striscia, che ne permette la fuoriuscita tramite una leggera trazione. Per dissaldare, si deve porre a contatto della zona una piccola porzione della striscia, applicando la punta del saldatore su questa, che condurrà il calore fino allo stagno producendone la fusione; in questo momento la striscia, per un fenomeno di *capillarità* dovuto ai ridotti spazi che esistono tra i fili che la formano, assorbe lo stagno, per cui

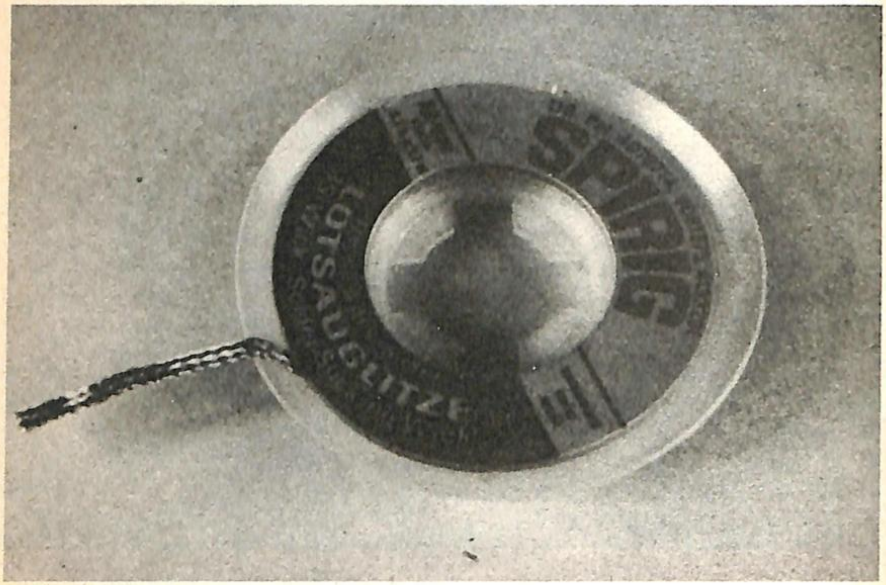


Fig. 7.-Striscia dissaldante. Come si può osservare è contenuta in un recipiente di plastica da cui si estrae per semplice trazione dell'estremità.

tale porzione di treccia non sarà più utilizzabile.

Se la quantità di stagno assorbita è insufficiente, si dovrà ripetere il procedimento descritto tante volte quante sono necessarie. Le porzioni di striscia non più utilizzabili dovranno essere tagliate per facilitare le operazioni successive.

Questo sistema presenta i seguenti vantaggi:

- L'assorbimento di stagno è sempre garantito utilizzando la quantità di striscia necessaria, non essendo dipendente dal funzionamento di alcun apparato meccanico.
- Applicando il calore al momento dell'assorbimento dello stagno, questa non risulta pregiudicata da raffreddamenti che producano la solidificazione dello stesso.
- La superficie della striscia si adatta facilmente alla superficie dei circuiti stampati.

Come inconvenienti si possono citare i seguenti:

- E' di solito un procedimento lento, poichè normalmente per una dissaldatura si effettuano due o tre operazioni.
- Richiede logicamente un certo consumo di treccia che non si può riutilizzare, per cui si dovranno periodicamente acquistare nuovi rotoli.
- Nei punti non situati su un circuito stampato risulta difficile ottenere un perfetto adattamento, per cui non è raccomandabile in questi casi il suo impiego.

Tra i tre metodi per dissaldare descritti, visti i vantaggi e gli svantaggi presentati da ciascuno, è ragionevole consigliare l'utilizzo dei primi due, poichè il terzo, il metodo della treccia, può essere un complemento ai precedenti, da usare in casi particolari; ad ogni modo, per iniziare a lavorare nel campo elettronico, si può utilizzare il primo sistema e, in funzione dell'esperienza acquisita, prendere in seguito una decisione definitiva.

Accessori

Conviene infine citare l'esistenza in commercio di alcuni strumenti che si possono impiegare per dissaldare i componenti con molti piedini o terminali, come i circuiti integrati. Questi strumenti o utensili sono: punte di saldatura adattabili alla totalità dei terminali dei circuiti integrati del tipo a doppia fila di piedini (Dual- in-line), e la pinza estrattrice. Con essi si può utilizzare il metodo più semplice, descritto per primo, poichè la punta del saldatore permette

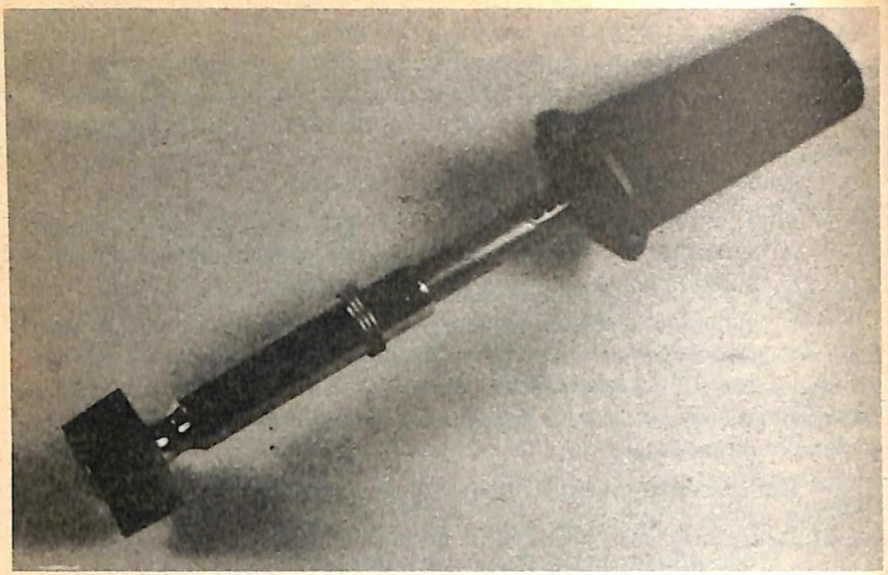


Fig. 8.-Punta speciale di saldatore per circuiti integrati a doppia fila di piedini (Dual-in-line). Si installa sul saldatore come una qualsiasi punta convenzionale.

l'applicazione simultanea del calore a tutti i punti di saldatura, nello stesso momento in cui si esercita la trazione necessaria sul corpo del circuito integrato con la pinza estrattrice, mediante la quale si riesce a separare il componente.

Sarà poi necessario togliere lo stagno dai fori del circuito stampato mediante uno dei metodi spiegati.

La pinza è anche di grande utilità per l'estrazione dei circuiti integrati montati su *zoccolo*, per evitare di piegare o torcere i piedini o terminali degli stessi rendendoli inutilizzabili.

Precauzioni con i circuiti stampati

Occorre evidenziare le precauzioni da adottare quando si desidera dissaldare e separare componenti da un cicuito stampato, se questi si trovano montati e saldati con i loro terminali piegati sull'*isola* del circuito, o fissati con qualche mezzo di bloccaggio, per ottenere una maggior garanzia di fissaggio meccanico del componente sulla piastra stampata, nel caso di eventuali forze di trazione esterne, come ad esempio le vibrazioni che nascono durante il tra-

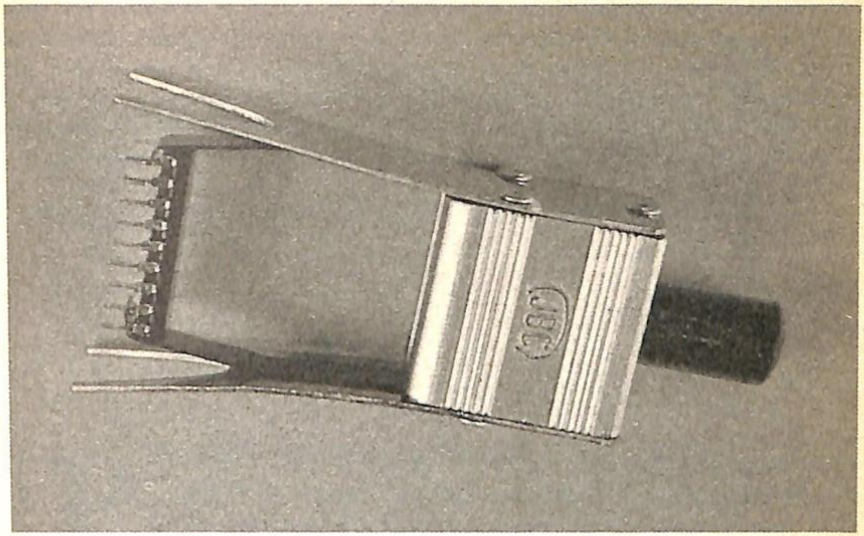


Fig. 9.-Pinza estrattrice per circuiti integrati. Facilita la dissaldatura tirando uniformemente il corpo del componente. Si può osservare uno di questi posto nella zona di bloccaggio.

sporto dell'apparecchio.

Se si tratta di un circuito stampato monofaccia, basterà pulire accuratamente dai residui di stagno l'estremità del terminale e raddrizzarlo, in modo da eliminare qualsiasi punto o zona stagnata che lo unisca al circuito stampato, per poterlo poi estrarre.

Nei casi in cui non sia possibile effettuare facilmente questa operazione, si ricorre al taglio dell'estremità del terminale rasente alla superficie del circuito, ottenendo così il suo distacco, con l'inconveniente che il componente, nel caso in cui non presenti guasti elettrici, diventerà inservibile per un uso successivo.

Con i circuiti stampati a doppia faccia, si deve essere molto più attenti durante l'estrazione del terminale, poichè qualsiasi aderenza dello stesso può danneggiare il foro metallizzato internamente del circuito, per cui è più conveniente effettuare il taglio del terminale, come detto precedentemente, piuttosto che rischiare di danneggiare il circuito stampato con conseguente perdita di affidabilità nel funzionamento successivo dello stesso. Questo procedimento, come già detto, rende inservibile il componente, il che esige l'aumento delle prove elettriche preventive, allo scopo di renderne inutilizzabili il minimo

possibile. In caso contrario si avrà un costo superiore delle riparazioni, soprattutto nel caso di componenti di prezzo elevato. Queste ultime raccomandazioni sono valide soprattutto se si eseguono riparazioni di apparecchi non autocostruiti; normalmente però, i montaggi vengono effettuati senza alcun ripiegamento dei terminali dei componenti, dato che generalmente non sono soggetti, durante la loro vita utile, ad alcun tipo di sforzo meccanico.

CAPITOLO 3

I COLLEGAMENTI NEGLI APPARECCHI AUDIO

Perchè un amplificatore o qualsiasi altro apparecchio possa elaborare un segnale, la prima cosa che occorre fare è fornirglielo. Per questo si utilizzano i *connettori*, costituiti sempre da due parti, una complementare all'altra, accoppiabili tra loro. Queste due parti vengono definite *maschio* e *femmina*. Il connettore maschio è costituito da uno o più piedini di grandezza e lunghezza adeguate perchè possano essere inseriti nell'altra parte del connettore, la femmina. Salvo rare eccezioni, è il connettore femmina che viene fissato all'apparecchio per ricevere il segnale adatto che gli arriverà dal maschio.

I connettori vengono solitamente montati sulla parte posteriore dell'apparecchio, per evitare cavi in vista che risultano poco estetici. Fanno eccezione solo i connettori del microfono che sono quasi sempre sul frontale. I connettori hanno i collegamenti con i piedini protetti da un contenitore in materiale plastico. A questi collegamenti arrivano i cavi che portano il segnale, e che devono essere saldati a stagno sui rispettivi piedini per garantire un contatto elettrico affidabile. Altre volte la saldatura è sostituita da un contatto di tipo meccanico, sia a pressione che con viti e dadi, o con qualche altro metodo. Sempre che sia possibile, è preferibile la saldatura elettrica poichè è esente da possibili malfunzionamenti dovuti a vibrazioni, scosse o trazioni del cavo collegato.

Una coppia di connettori *aerei* maschio e femmina, può essere utilizzata per collegare due cavi o prolungarne qualcuno. E' sempre consigliabile l'uso di queste coppie invece del contatto elettrico tra due estremi spellati di cavo con il conduttore in aria. Quest'ultimo tipo di collegamento deve essere utilizzato in modo parco, sempre in casi provvisori, e con un'adeguata protezione delle connessioni perchè rimangano isolate tra loro.

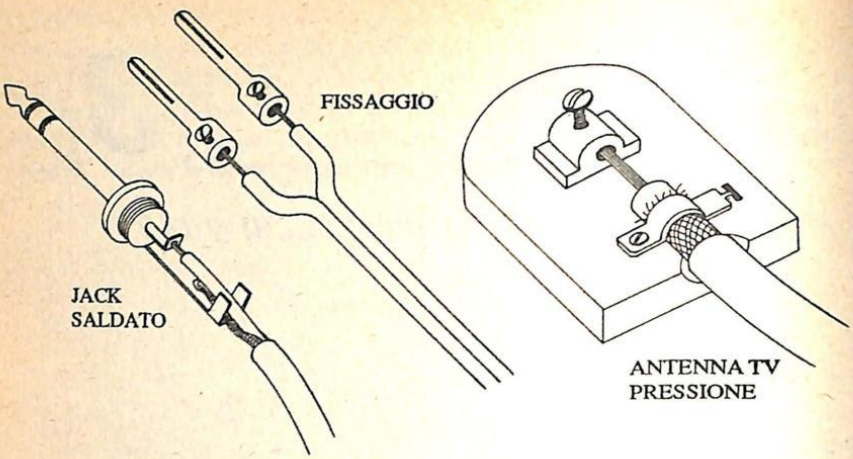


Fig. 1.-Metodi di fissaggio del cavo al connettore. I cavi che arrivano al connettore devono essere fissati ai corrispondenti terminali. I metodi sono vari, ma, sempre che sia possibile, è preferibile la saldatura a stagno.

Unificazione

Esiste una molteplicità di tipi di connettori, benchè l'unificazione si imponga con forza sempre maggiore. Anticamente l'unico tipo di connettore utilizzato era uguale a quello delle prese elettriche per i collegamenti di rete. Questo tipo di connettore aveva l'inconveniente di essere simmetrico, in modo da poter essere collegato nei due sensi, per cui poteva dar luogo a collegamenti errati. Talvolta il connettore maschio era sostituito da un paio di *banane*, che potevano essere colorate diversamente in modo da fornire il senso desiderato di collegamento. Attualmente questo tipo di connettore è praticamente in disuso, almeno per i tipi di connessione che verranno trattati.

DIN e CINCH

I connettori che si usano attualmente appartengono a due tipi distinti: il *DIN* e il *CINCH* (detto anche *RCA* o *PIN)*. Il primo dei due tipi è utilizzato principalmente negli apparecchi di origine europea, e ne esistono due versio-

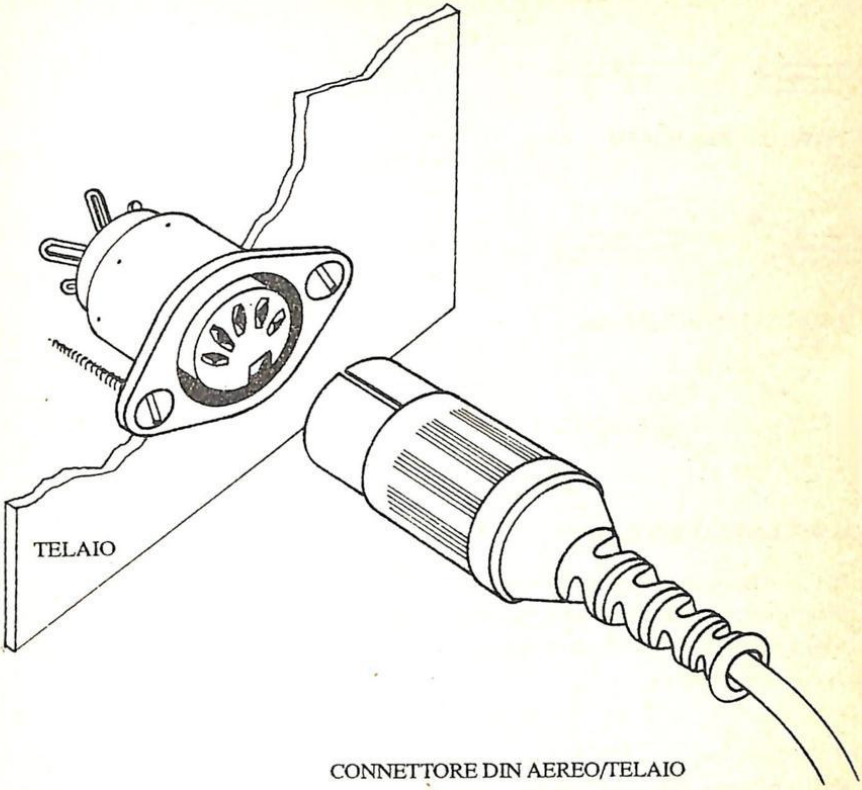


Fig. 2.-Connettori aerei e su telaio. I connettori aerei si usano per congiungere due cavi. E' sempre preferibile questo tipo di collegamento, piuttosto che collegare i conduttori spellati.

ni fondamentali: a tre e cinque piedini, debitamente numerati e indicati sul connettore stesso.

Il connettore DIN presenta un incavo o fenditura che rende possibile il collegamento maschio-femmina in un'unico modo, nel quale coincidono i piedini che occupano solo metà del connettore. In questo modo non ci possono essere errori di collegamento, dato che può esistere un *unico* sistema di connessione. Il piedino situato centralmente è sempre il collegamento di *massa* o conduttore comune a tutti i circuiti.

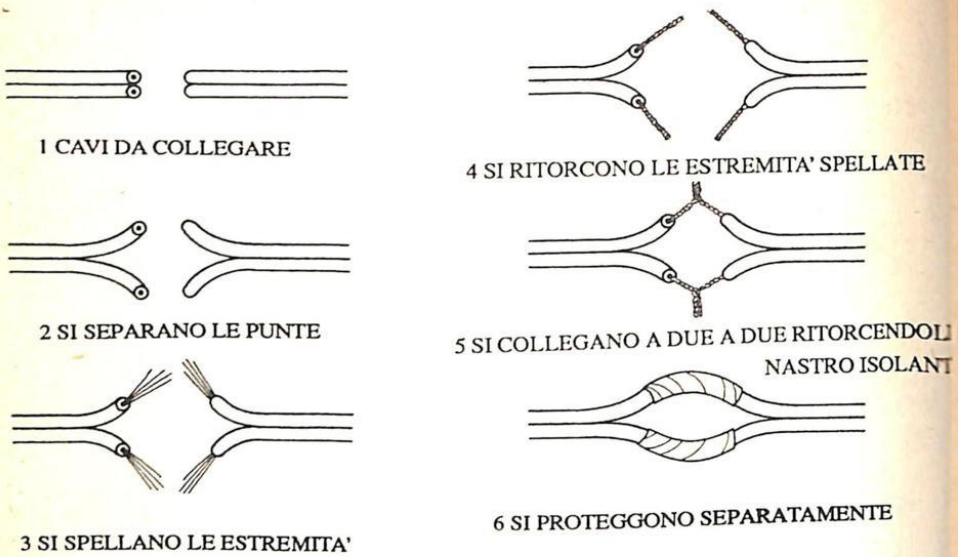


Fig. 3.-Quando non esiste altra soluzione, e sempre in modo provvisorio, si può procedere al collegamento senza connettore di due cavi. Qui si mostrano i passaggi necessari. Questo procedimento si può utilizzare solo nei collegamenti degli altoparlanti.

Il connettore CINCH è simile alle vecchie banane, ma è dotato di un anello conduttore attorno al piedino; questo anello è sempre il collegamento comune o di massa, mentre al piedino centrale è collegato il segnale da trasmettere, e costituisce quindi il terminale attivo.

Questo tipo di connettore è impiegato generalmente negli apparecchi di origine americana e giapponese. Mentre con il connettore DIN si possono realizzare quattro contatti, più il comune, simultaneamente, con il CINCH se ne realizza uno più il comune, per cui occorrono quattro connettori CINCH per ciascun DIN (a meno che il DIN sia a tre piedini, caso in cui ne servono solo due di tipo CINCH). Dal punto di vista pratico è evidente che il connettore DIN è molto più comodo, tuttavia i connettori CINCH possono essere collegati con le masse separate, al contrario dei DIN, nei quali il collegamento di massa è unico per tutti i circuiti. Dal punto di vista elettrico può risultare più consigliabile l'utilizzazione di masse separate nei connettori (benchè tutte costituiscano un punto elettrico comune), in particolare quando si trasmettono segnali molto deboli, o i collegamenti da realizzare sono molto lunghi.

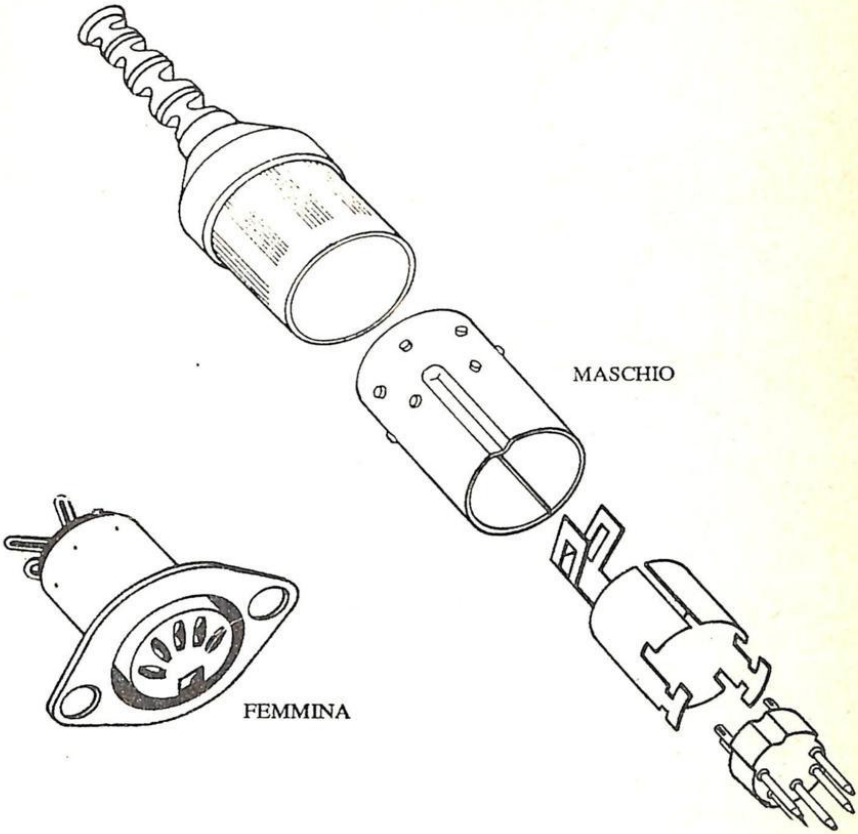
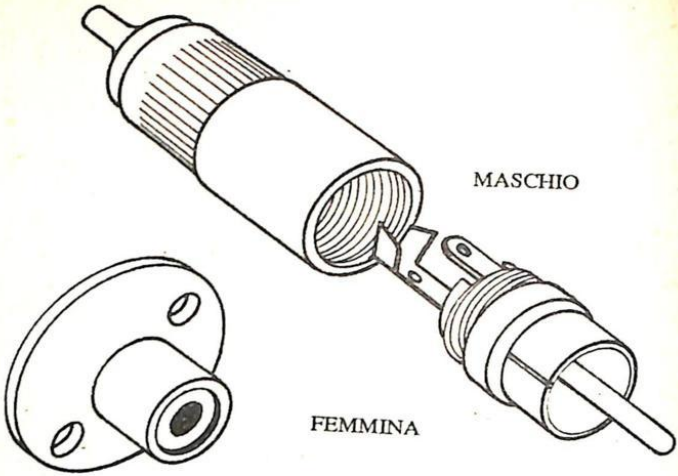


Fig. 4.-Uno dei tipi di connettore più utilizzati oggi, è quello detto DIN, il cui esploso è visibile in figura. Permette di effettuare quattro connessioni più la massa simultaneamente.

Registratori e microfoni

Benchè sia stato detto che i connettori CINCH equipaggiano gli apparecchi di origine americana e giapponese, si osserva una tendenza crescente al

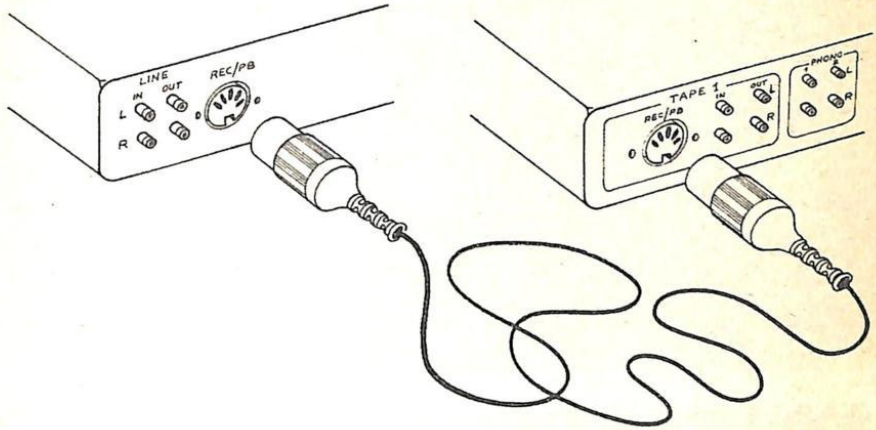


CONNETTORE CINCH

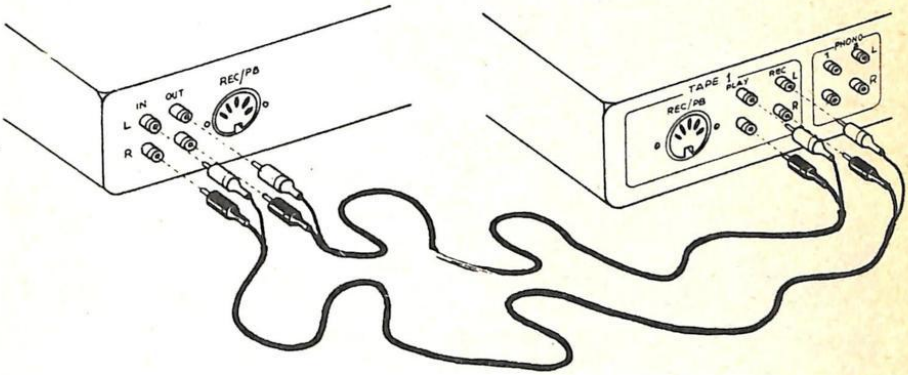
Fig. 5.-Esploso di un connettore CINCH. Gli apparecchi di origine americana e giapponese, così come molti di quelli costruiti in Europa, incorporano questo tipo di connettore noto come CINCH, che permette la connessione di un segnale più la massa.

loro uso universale per tutti i tipi di sorgenti di segnale. Di solito esistono due eccezioni: i collegamenti dei registratori e quelli dei microfoni.

Mentre tutti gli altri apparecchi necessitano soltanto di due collegamenti (uno per ciascun canale stereofonico), i registratori ne hanno bisogno quattro, due per la registrazione e due per la riproduzione. Per questo motivo, la grande maggioranza degli apparecchi amplificatori sono provvisti dei due tipi di connettori CINCH e DIN. Occorre però prestare attenzione, perchè entrambe le prese di solito non sono equivalenti, in quanto il livello del segnale nell'una e nell'altra non è lo stesso. I microfoni si collegano quasi sempre con un tipo molto particolare di connettore, noto come *jack*. Alcuni apparecchi di origine europea usano un altro tipo di connettore che non appartiene ad alcuno dei suddetti, e che è del tipo DIN, ma con i piedini disposti in modo diverso.

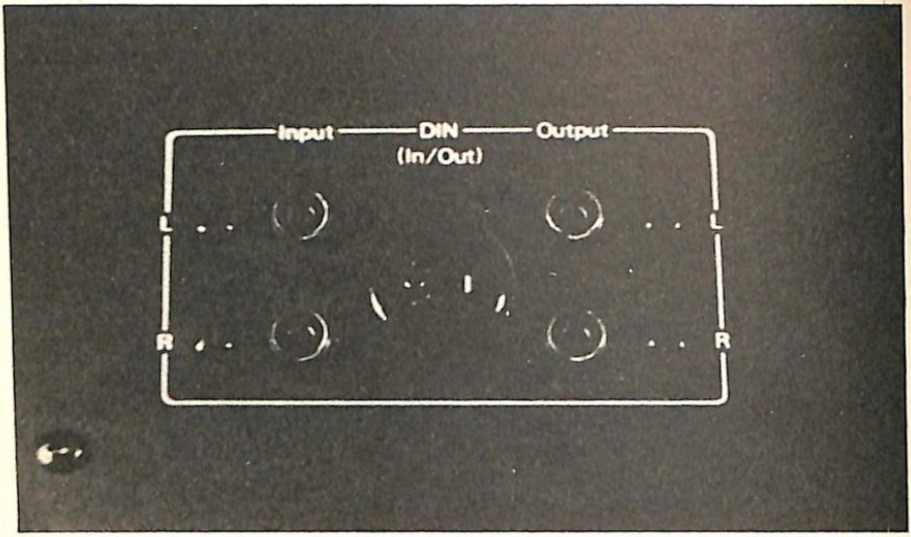


CONNETTORI DIN



CONNETTORI CINCH

Fig. 6.-I connettori DIN sono più pratici dei CINCH, poichè con una sola coppia degli stessi si possono realizzare fino a quattro collegamenti simultanei.



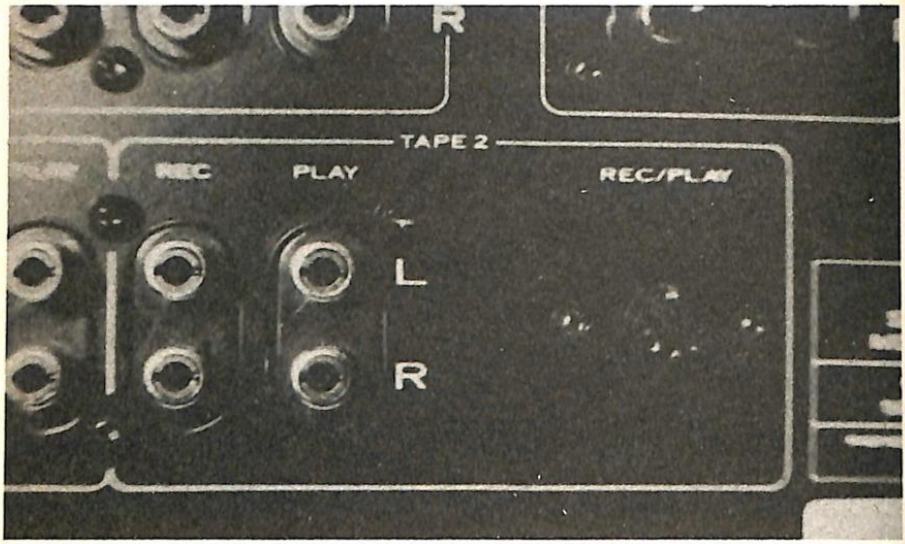


Fig. 7.-Connettori di registratore e preamplificatore. Quando si collega un registratore al preamplificatore la connessione si può effettuare con uno qualsiasi dei tipi di connettore DIN o CINCH. Però si deve utilizzare solo una di tali connessioni (la stessa per entrambi gli apparecchi).

Connettori per altoparlanti

Generalmente le correnti che circolano negli altoparlanti sono elevate e, per un amplificatore che fornisca 60 W a un altoparlante da 4 Ω, la corrente che circola è di circa 4 A. Per rendere l'idea della grandezza di questa corrente, si pensi che una lampadina da 100 W (che illumina abbastanza) collegata alla rete di 220 V consuma molto meno di 0,5 A; un asciugacapelli normale può richiedere una corrente i circa 2 A, e una stufa elettrica da 1.000 W ha bisogno di una corrente di 4,5 A.

Come si vede la corrente che circola nei terminali di uscita può essere elevata, per cui questi devono essere sufficientemente robusti per poterla sopportare.

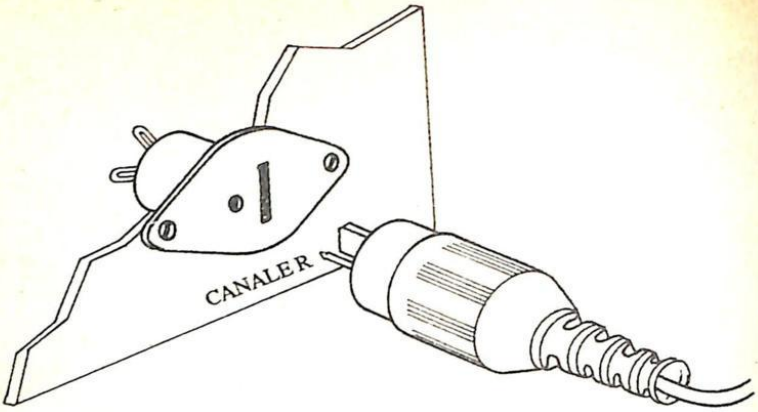
Tipi impiegati

Si utilizzano abitualmente quattro tipi di connettore. Il primo è quello detto a *norme DIN*, il cui uso è adottato dai costruttori europei. Permette un collegamento rapido e in un unico senso, aspetto interessante per le corrette connessioni degli altoparlanti di un sistema stereofonico. Quando la potenza di uscita è superiore a circa 25 o 30 W, è consigliabile utilizzarne qualche altro tipo più robusto.

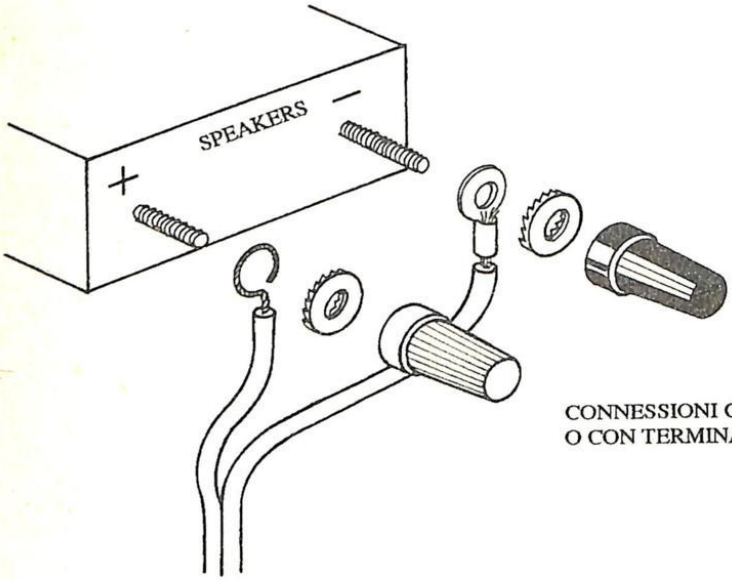
Un altro tipo di connettore è quello costituito da una semplice vite con il proprio dado, con una presentazione un po' più commerciale di quella qui descritta, ma con lo stesso funzionamento. In questo caso, l'estremità del cavo spelato, provvista o no di un terminale adeguato, viene adattata al connettore. Si può utilizzare per potenze di uscita elevate, poichè è di tipo robusto e di facile impiego.

Le stesse caratteristiche sono presentate da un altro tipo, in cui una linguetta metallica esercita un contatto a pressione con l'estremità spelata del cavo. Questa linguetta può essere separata per inserire e togliere il cavo; anche questo sopporta elevate potenze. I due ultimi sistemi sono utilizzati frequentemente negli apparecchi di origine americana e giapponese. Infine, qualche apparecchio, specialmente in campo professionale, utilizza la classica *banana* come connettore. Il suo uso risulta molto pratico, sicuro e affidabile.

In questi tre ultimi sistemi occorre fare attenzione al corretto collegamento dei terminali, quando l'apparecchio è stereofonico. A tal fine si individuano i terminali con un codice colori, generalmente rosso e nero o positivo e negativo. Questa nomenclatura è puramente convenzionale, ma deve essere rispettata quando si collegano gli altoparlanti, che, a loro volta, devono avere le indicazioni dei propri terminali.

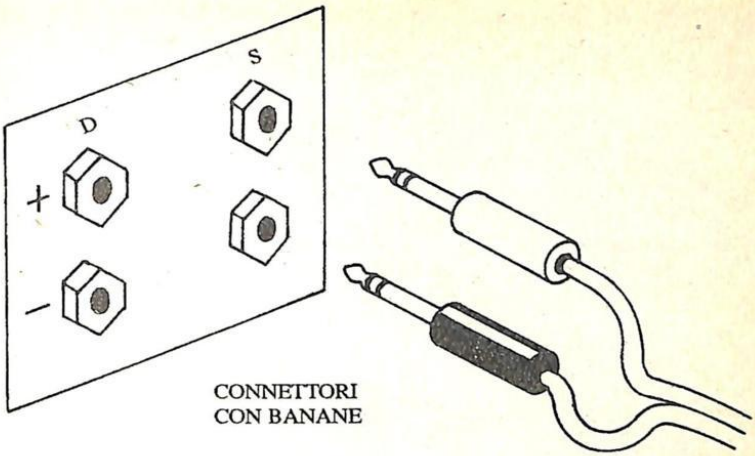


CONNETTORI PER
ALTOPARLANTI DIN

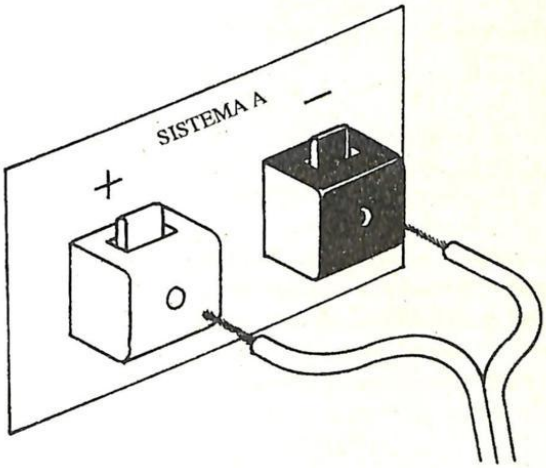


CONNESSIONI CON CAVI
O CON TERMINALI

Fig. 8.-Qui sono visibili due dei quattro tipi più comuni di connessione degli altoparlanti. Devono essere sufficientemente robusti per sopportare le correnti che circolano nei connettori.



CONNETTORI
CON BANANE



CONNETTORI A
PRESSIONE

Fig. 8.-Qui sono visibili due dei quattro tipi più comuni di connessione degli altoparlanti. Devono essere sufficientemente robusti per sopportare le correnti che circolano nei connettori.

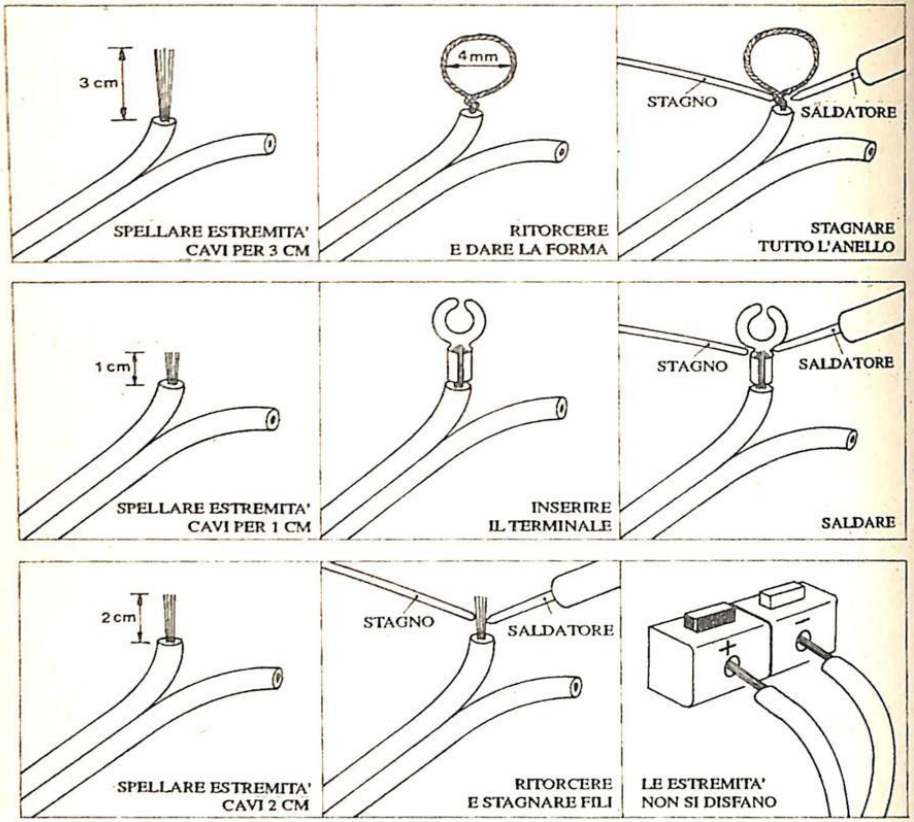


Fig. 9.-Tipi più comuni di collegamento dei cavi che vanno agli altoparlanti. Quando non si usano terminali o connettori è conveniente stagnare le estremità del cavo perchè non si sfilacci quando si effettua la connessione e sconnessione varie volte. Con tale precauzione il cavo rimane rigido e in un solo pezzo, per cui la durata della connessione è maggiore.

Sezione dei cavi

Allo stesso modo, i cavi che collegano amplificatori e altoparlanti devono avere sezioni sufficienti per poter condurre le correnti dette. In generale, se

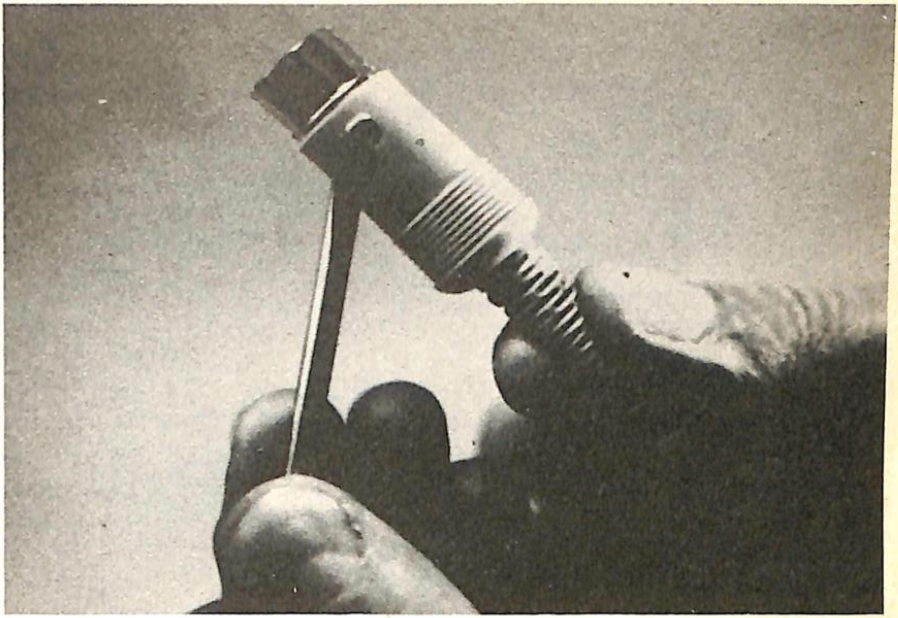


Fig. 10.-Connettore DIN maschio. Modo corretto di smontaggio per accedere ai terminali interni di saldatura.

il collegamento non è molto lungo (fino a un massimo di 4 o 5 metri) si può utilizzare un normale cavo (del tipo detto *parallelo*), preferibilmente flessibile, poichè è costituito da molti fili di piccola sezione, che nell'insieme conducono meglio la corrente.

Occorre essere abbastanza abbondanti con la sezione del filo da utilizzare, e si consiglia di non scendere mai sotto 1 mm^2, anche per piccole potenze. Per potenze efficaci di 15 o 20 W è conveniente usare cavi con sezione di 2,5 mm^2 almeno.

Esistono in commercio cavi adatti a questo scopo, che sono consigliati quando altoparlante e amplificatore sono a distanze superiori a 5 m, o quando le potenze di uscita sono al di sopra dei 100 W.

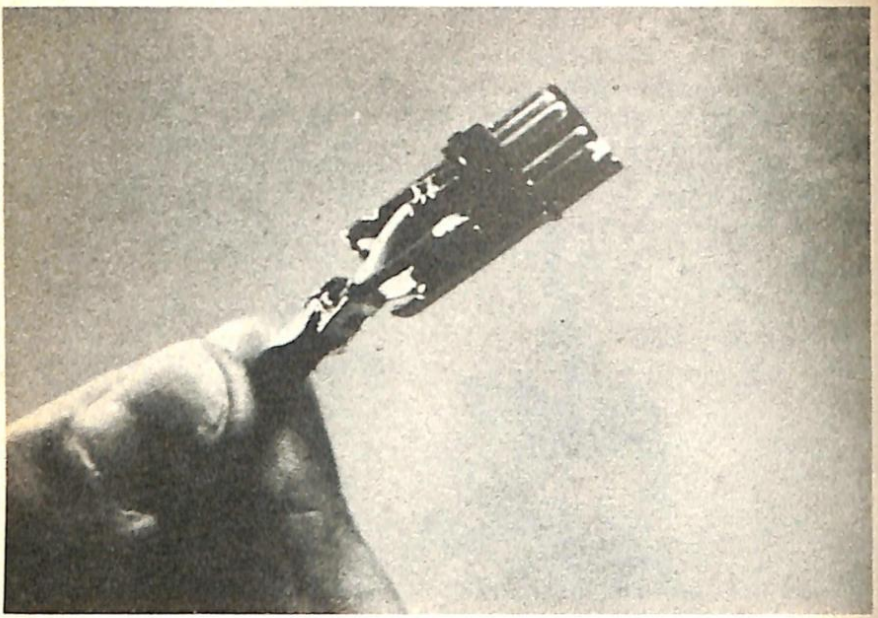


Fig. 11.-Connettore DIN maschio a cinque piedini, smontato per osservare i terminali interni di saldatura.

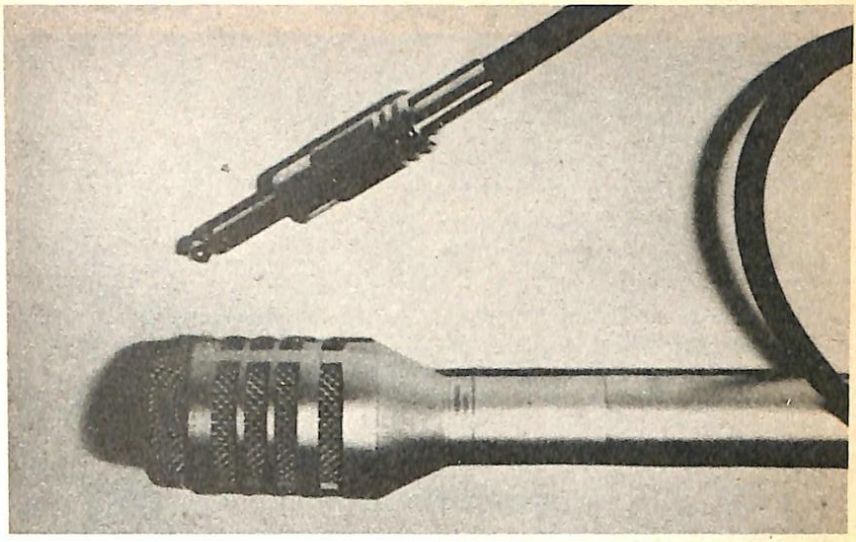
Connettori per microfoni

Uno dei problemi che si incontrano nell'uso dei vari microfoni, è originato dalla diversità dei connettori utilizzati dai fabbricanti e dalle diverse qualità e applicazioni.

Esistono alcune norme che determinano il tipo di connettore e la distribuzione dei suoi piedini per certe applicazioni.

In commercio esistono microfoni con il cavo incorporato, che esce direttamente dalla parte inferiore della carcassa protetto da un piccolo cono di gomma, oppure microfoni indipendenti, in cui la base inferiore è un connettore nel quale si inserirà il cavo corrispondente. Questo secondo caso è quello in cui abitualmente si presentano i microfoni professionali. Il connettore più impiegato è quello di tipo *CANNON*.

Nei microfoni che non necessitano di alimentazione esterna, si usano connettori a tre terminali, uno per la massa e gli altri due per il segnale; questo tipo di collegamento si dice *equilibrato*. La massa è collegata alla carcas-



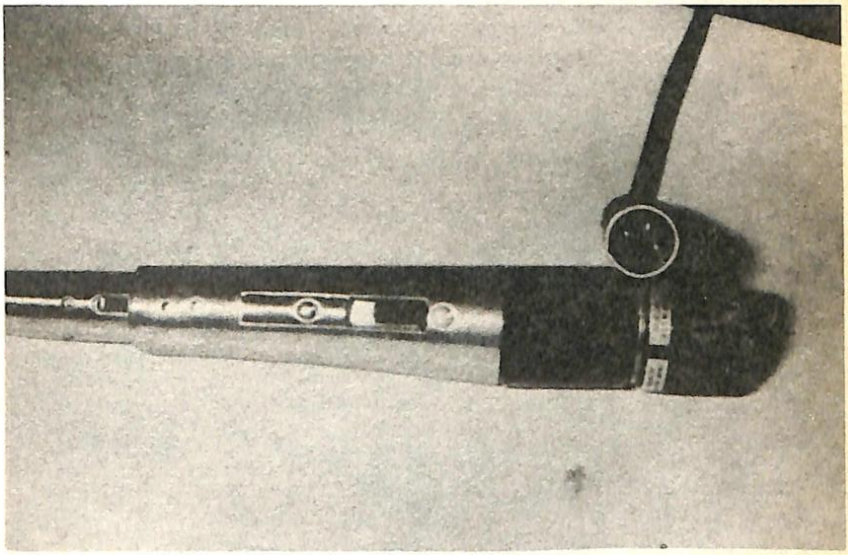
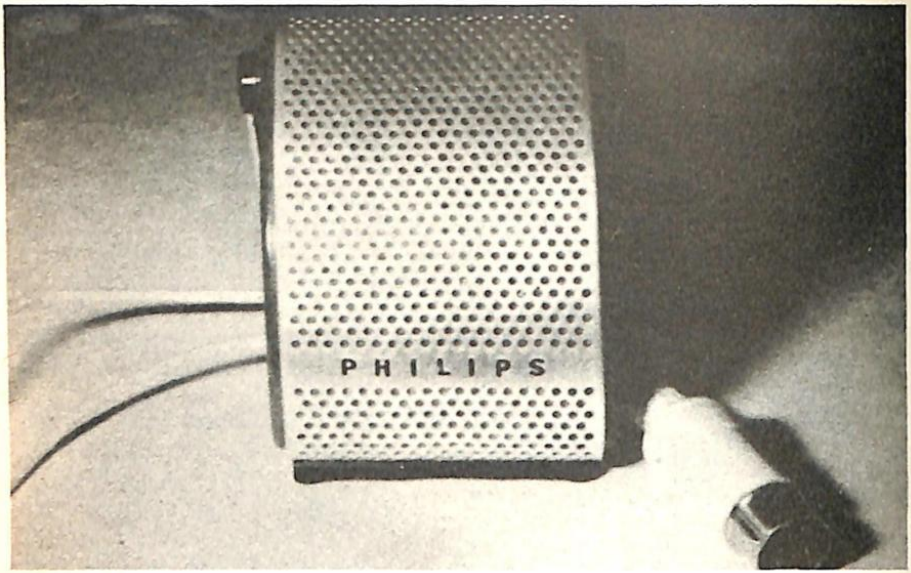


Fig. 12.-Diversi modi di collegamento dei microfoni. A) Microfono con cavo incorporato e connettore jack da 6,3 mm utilizzato in campo amatoriale. B) Microfono indipendente nel quale la base è costituita da un connettore Cannon a cui si collega il cavo corrispondente.



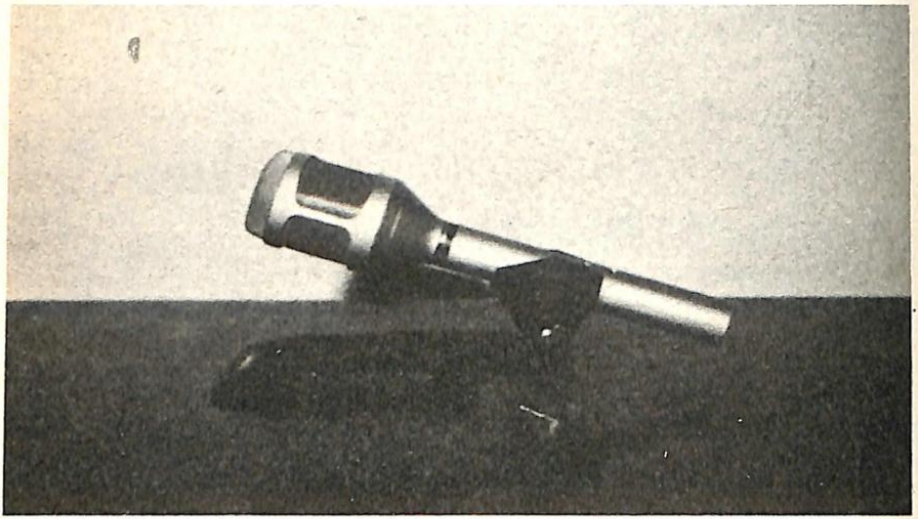


Fig. 12.-Diversi modi di collegamento dei microfoni. C) Microfono con connettore DIN. D) Microfono sprovvisto di cavo di collegamento, permette la sostituzione rapida dei cavi danneggiati.

sa del microfono, o ad una parte metallica della stessa, e i terminali di segnale si collegano agli estremi della capsula; se possiede filtri incorporati, verranno collegati all'uscita degli stessi.

I terminali del connettore sono numerati, e non esistono norme per il loro collegamento; il più utilizzato prevede il numero 1 per la massa e il 2 e 3 per il segnale audio, benchè esistano anche altre distribuzioni.

Un connettore completo è costituito da due parti, il maschio e la femmina. Sul corpo del microfono abitualmente è montato il maschio, con i collegamenti protetti dal corpo del connettore. Sul cavo si usa il connettore femmina; in questo modo si evitano cortocircuiti nel cavo, che è collegato all'altra estremità a qualche apparecchio, quando si toglie dal microfono. E' molto difficile che questo accada fortuitamente poichè possiede una chiusura di sicurezza che permette forti trazioni.

Se il microfono necessita di alimentazione esterna, si dovrà ricorrere ad un connettore a più uscite che permetta il collegamento della linea di alimentazione.

Nel caso di un microfono a condensatore che non incorpori batterie, occorreranno due uscite per il segnale, due per ciascuna delle alimentazioni (polarizzazione e amplificatore), e una per il collegamento di massa; in totale sette punti di uscita. Si possono ridurre utilizzando una massa comune per le due alimentazioni e la generale, e una connessione per ciascun potenziale; in questo caso, molto comune, le uscite si riducono a cinque.

Si può ottenere l'alimentazione anche tramite un procedimento detto *fantasma*, che riduce anche il numero dei cavi di collegamento, utilizzando per l'alimentazione gli stessi cavi che portano il segnale. I microfoni dotati di que-

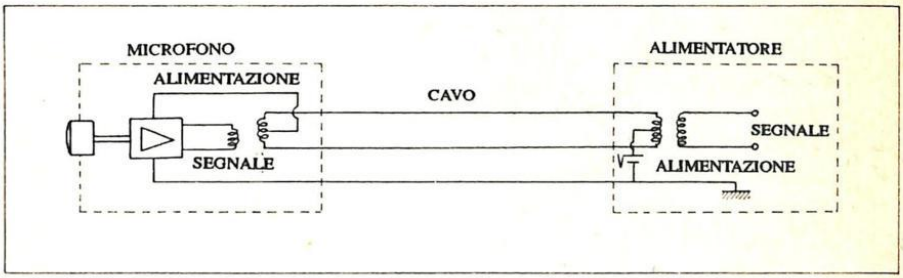


Fig. 13.-Alimentazione fantasma. Mediante questo procedimento si invia la tensione all'amplificatore con gli stessi fili del segnale audio. Nel microfono sono separati mediante un trasformatore con presa intermedia.

sto sistema incorporano, oltre agli elementi tradizionali, un trasformatore per la separazione dei segnali.

Tipi utilizzati

Nel campo semiprofessionale e domestico, si usano connettori tipo DIN e jack. Il DIN può essere a tre o cinque terminali e il jack è sempre a due. In questo caso il microfono possiede un collegamento asimmetrico, essendo la massa comune a una delle estremità del corpo e ad uno dei terminali di uscita; l'altro è costituito dall'estremo rimasto ed è detto *vivo*. Il segnale *vivo* si collega al terminale centrale del jack e la massa al corpo.

Se il connettore è DIN a tre terminali, si sceglie il centrale per la massa e uno dei laterali per il *vivo* del segnale, se il microfono è squilibrato, o entrambi i laterali se è equilibrato.

Cavi di collegamento

Il cavo utilizzato per il collegamento dei microfoni è definito *microfonico* (come ci si poteva aspettare) ed è sempre di tipo schermato. Nel caso la connessione sia a due terminali (collegamento squilibrato), è costituito da un conduttore centrale avvolto da una calza che fa le veci di uno schermo; nel caso di connessione equilibrata invece, è costituito da due conduttori e calza, o

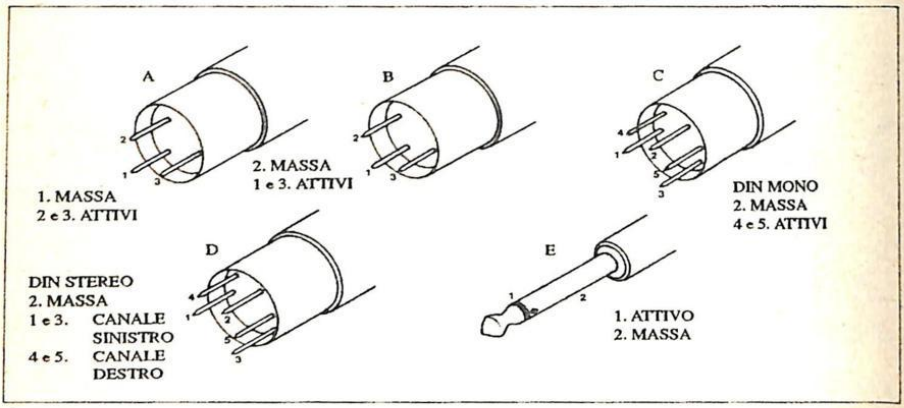


Fig. 14.-Varie posizioni dei contatti nei connettori per microfoni.

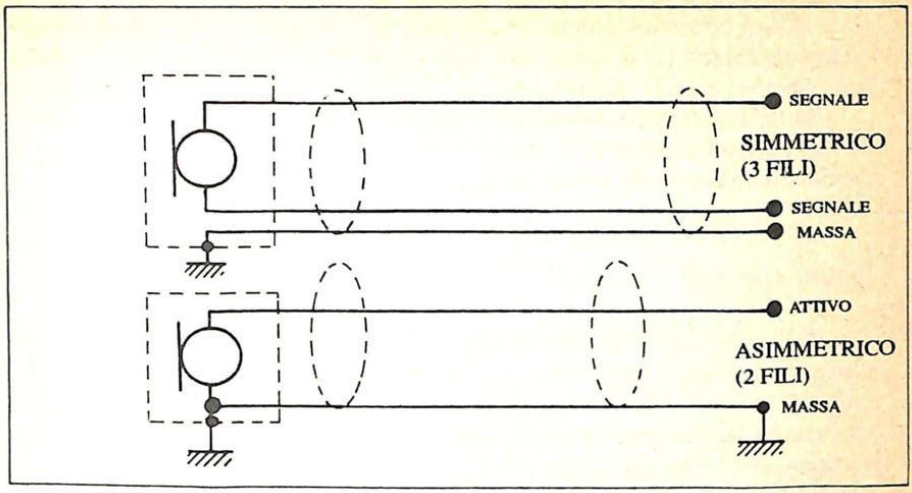


Fig. 15.-Connessione di un microfono con uscita simmetrica (A) e asimmetrica (B). Per i primi si usano connettori del tipo Cannon o DIN, mentre per i secondi di solito è più usato il jack.

quattro conduttori e calza per quelli che necessitano di alimentazione esterna.

In quest'ultimo caso, il cavo è costituito da due fili schermati e due separati, allo scopo di proteggere il segnale dall'influenza dell'alimentazione, che introdurrebbe dei ronzii dannosi; tutti questi devono essere protetti dalla stessa guaina plastica o isolante.

Perchè si dà tanta importanza alla massa? Se si pensa al livello dei segnali che inviano i microfoni, si vedrà che sono molto deboli (di pochi decimi di millivolt), e qualsiasi tipo di *avversità* ne produrrà un mascheramento; il semplice campo costituito dai conduttori di rete vicini, indurrà un segnale capace di manifestarsi con un livello intollerabile di ronzio di bassa frequenza (50 Hz) dopo l'amplificazione del segnale. Si può evitare in parte questo fenomeno se si utilizza un cavo il cui conduttore o conduttori del segnale viaggino internamente a un altro che li ricopra totalmente, che viene detto calza per il suo aspetto. Se questa calza è collegata alla massa dell'apparecchio amplificatore, il segnale non sarà influenzato da campi esterni che lo disturbino.

Un estremo di detta calza sarà sempre collegato alla carcassa del microfono (nei microfoni con carcassa plastica si collegarà alla carcassa della capsula), mentre l'altro verrà collegato alla massa dell'apparecchio o degli apparecchi.

E' fondamentale in una installazione audio che tutti gli apparecchi ab-

biano le loro masse interconnesse con cavi corti, di sezione sufficiente, e perfettamente saldati (se compare un ronzio si diffidi dei collegamenti di massa dei connettori e degli apparecchi).

Nelle apparecchiature ad alta fedeltà, i cavi che collegano gli apparecchi tra loro hanno i conduttori di massa, e mediante la calza degli stessi fanno sì che tutte le masse siano interconesse.

Alcuni consigli

Nel collegare un microfono ad un amplificatore, miscelatore o qualsiasi altro apparecchio, occorre tener conto della distanza massima ammissibile del cavo, senza che si deteriori il segnale sia come livello che come frequenza. La lunghezza è fondamentalmente funzione dell'impedenza del microfono; in generale quanto minore è l'impedenza, tanto maggiore è la lunghezza ammissibile del cavo.

Nel campo amatoriale si utilizzano generalmente microfoni a bassa impedenza (inferiore a 1.000 Ω), con valori usuali di 150, 200 e 600 Ω. Questi valori non presentano problemi con cavi fino a 50 o 100 m, sempre che siano sufficientemente distanti da elementi che producono campi perturbatori, come motori, lampade ad arco, linee di corrente alternata, ecc. Se è necessario attraversare il percorso di una linea di rete, si deve farlo formando un angolo ret-

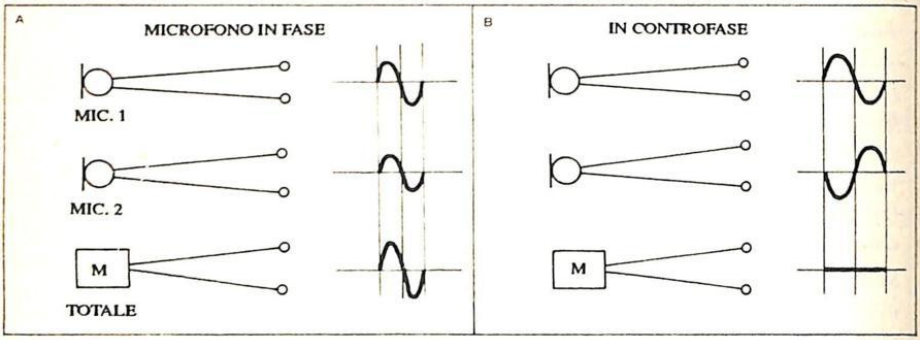


Fig. 16.-Influenza della fase. Se si capta un suono con vari microfoni, per ottenere in seguito il segnale corretto mediante miscelazione, occorre che tutti si trovino collegati in fase, poichè altrimenti il segnale sarà molto minore di quanto desiderato. Si può vedere l'effetto per due microfoni in fase (A) e controfase (B).

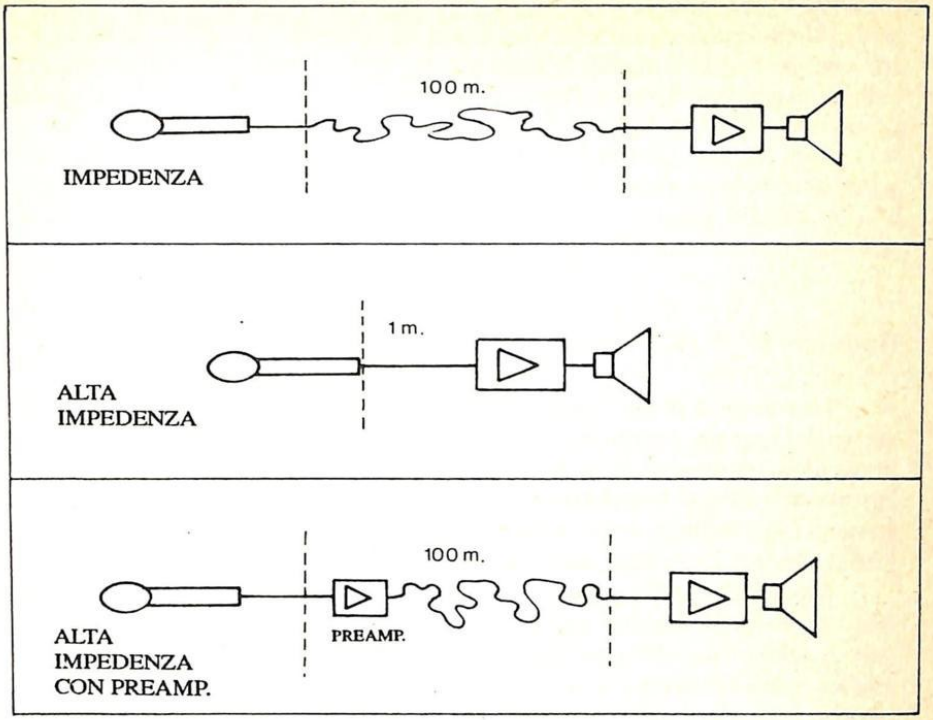


Fig. 17.-La lunghezza del cavo che si può impiegare nel collegamento di microfoni, dipende dall' impedenza degli stessi. Quelli a bassa impedenza permettono lunghezze maggiori del cavo (fino a 100 m), rispetto a quelli ad alta (pochi metri), a meno che questi non utilizzino preamplificatori.

to. Nel caso sia inevitabile percorrere tratti comuni con queste, occorrerà lasciare una distanza minima di 1,5 o 2 m.

Se la linea microfonica è lunga, il rapporto segnale/rumore sarà seriamente influenzato; si può porre nel mezzo del percorso qualche preamplificatore microfonico che amplifichi il segnale, al fine di contrastare le perdite nel cavo.

I microfoni ad alta impedenza presentano valori superiori ai 40 kΩ; per questo è molto importante e critica la lunghezza del cavo.

Nei microfoni a condensatore deve essere piccolissima, per cui solitamente hanno il preamplificatore incorporato nella carcassa. In quelli a cristallo e *electret* può essere di qualche metro.

In questo tipo di microfono, la lunghezza del cavo non influisce sul se-

gnale solo dal punto di vista del livello, ma anche sotto l'aspetto della frequenza, collegandosi in parallelo la capacità del cavo (funzione della lunghezza) con quella propria del microfono e con l'ingresso dell'amplificatore, il quale agisce come filtro passa basso, attenuando le alte frequenze.

Così, una linea di 10 m può arrivare a introdurre una attenuazione del segnale di 10 kHz rispetto a quella di 1 kHz in più di 3 dB. Se si utilizza un cavo inadatto o di lunghezza eccessiva, la risposta in frequenza del microfono può essere sostanzialmente tagliata.

Apparecchi professionali

La versatilità di questi apparecchi comincia dagli stessi connettori di ingresso del segnale; è normale incontrare due o più prese d'ingresso collegate in parallelo (di tipo uguale o diverso), per poter portare il segnale da qualche apparecchio ad altri direttamente, senza necessità di moltiplicare i metri di cavo dalla fonte del segnale (ad esempio un microfono) fino alla sua destinazione (ad esempio tre amplificatori diversi).

Negli apparecchi professionali di solito, si utilizzano connettori unificati diversi da quelli destinati agli amatoriali. Così quelli che si possono trovare con maggior diffusione sono i tipi *jack* (di diametri diversi) monofonici o stereofonici, e quelli di tipo *Cannon* o *XLR*, ciascuno con le sue particolarità, come si vedrà più avanti.

Analogamente, per i collegamenti tra amplificatore e cassa acustica, si usano connettori tipo *banana* (che sono molto robusti) o semplicemete terminali avvitati di qualche tipo.

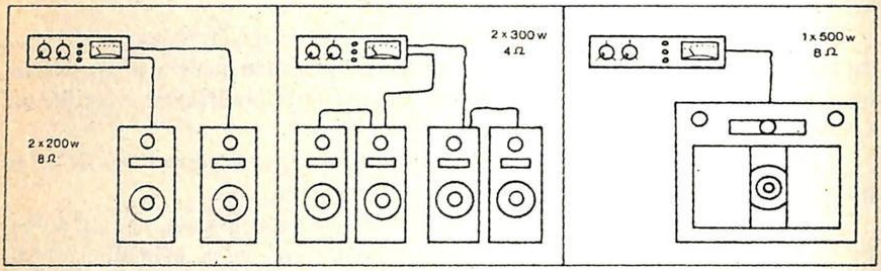


Fig. 18.-Un apparecchio professionale deve essere versatile, il che significa che si può utilizzare in modi diversi, in base alle esigenze del momento.

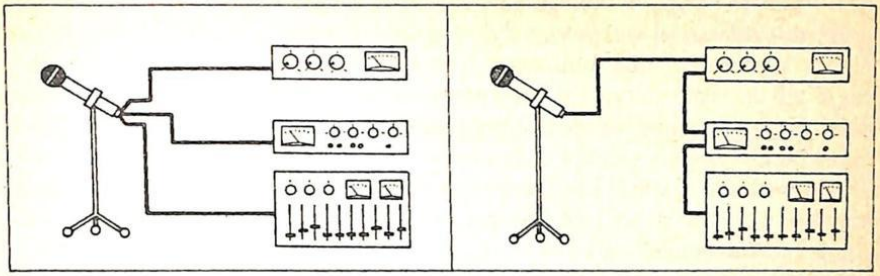


Fig. 19.-Quando uno stesso elemento deve fornire segnale a vari apparecchi, risultano molto utili gli ingressi doppi a ponte, poichè evitano metri di cavo, oltre che una maggior facilità di collegamento.

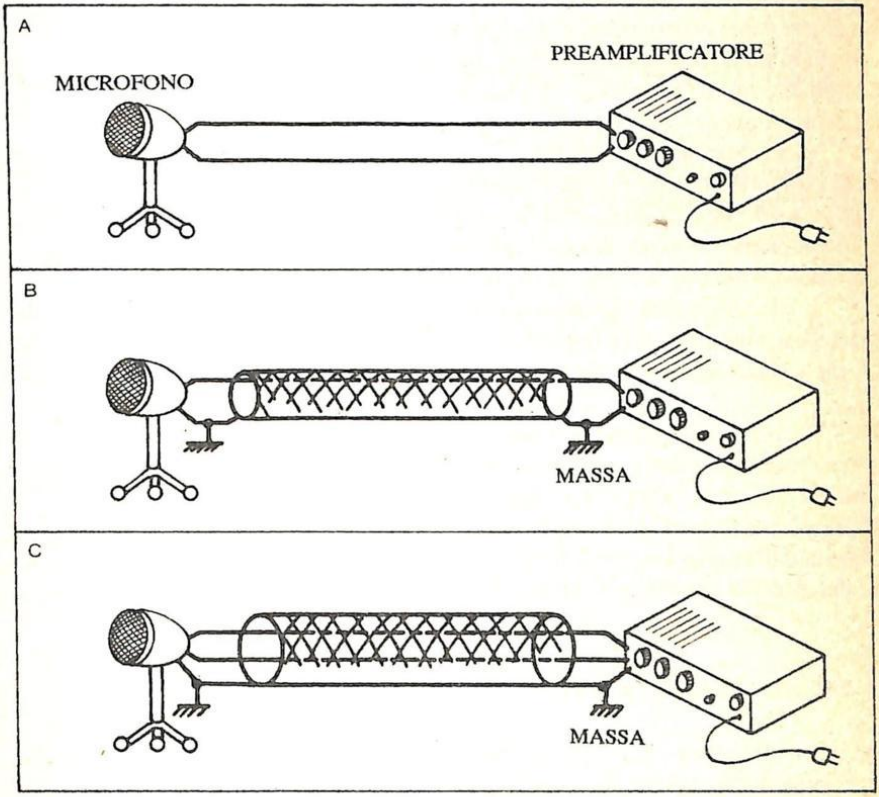


Fig. 20.-Diversi tipi di linea utilizzati per il collegamento tra apparecchi. A) Linea a due conduttori. B) Linea asimmetrica. C) Linea simmetrica.

Quanto al tipo di collegamento elettrico, ne esistono due fondamentali, noti come *bilanciati-simmetrici-differenziali* o *equilibrati* da una parte, e *asimmetrici* dall'altra. Come tutti sanno, perchè esista una circolazione o un passaggio di corrente elettrica tra due punti, devono esistere due conduttori (uno di *andata* e l'altro di *ritorno*). D'altra parte, la grande maggioranza degli apparecchi elettronici presenta un punto di collegmento comune a tutti i circuiti degli stessi, punto che è noto con il nome generico di *terra* o *massa* dell'apparecchio, dato che di solito è collegato elettricamente al telaio metallico dell'apparecchio considerato.

La massa o terra

La massa è solitamente considerata come punto di riferimento per varie misure, come ad esempio le tensioni nei distinti punti di un circuito. Inoltre, essendo punto comune, è utilizzata molte volte come conduttore di *ritorno* di molti circuiti. Il senso che si dà a tale termine è puramente convenzionale, senza che sia necessariamente il conduttore di *ritorno*.

La massa utilizzata come conduttore comune è utile in molti casi, perchè permette un risparmio notevole di conduttori, essendo possibile impiegarne uno solo come massa, oltre a semplificare il collegamento. Questi tipi di collegamento sono quelli che vengono detti asimmetrici, non essendo intercambiabili tra loro le funzioni di entrambi i conduttori (il *vivo* e la *massa*).

Non è tutto vantaggioso in questo tipo di linea. Una massa difettosa o un collegamento mal fatto o imperfetto possono dare origine a rumori e ronzii che si mescolano con il segnale utile disturbandolo, e facendolo scadere di qualità.

In generale, quando si usano collegamenti lunghi (al di sopra dei 2 o 3 m) è preferibile usare microfoni con ingressi a bassa impedenza, poichè, a parità di condizioni, una linea di questo tipo capta meno segnali indesiderabili (o di ampiezza minore) che una linea ad alta impedenza, in cui la schermatura, fornita dalla calza che porta il collegamento di massa, deve essere perfetta se si desidera un buon trasferimento del segnale attraverso essa.

Conduttori indipendenti

In alternativa a tale tipo, si possono utilizzare due conduttori totalmente indipendenti, le cui tensioni varino in modo opposto rispetto alla massa, nell'uno e nell'altro; da qui il nome di linea simmetrica o anche differenziale, poichè ciò che conta sono le differenze di tensione che esistono tra i due

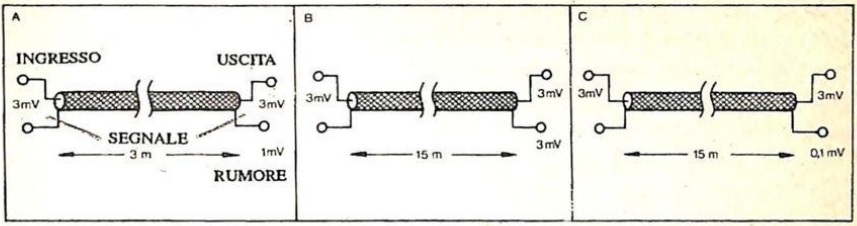


Fig. 21.-Diversi livelli di ronzii e segnali spuri possono essere raccolti dalle linee (i livelli forniti sono immaginari). A) e B) Linee ad alta impedenza. C) Linea a bassa impedenza.

conduttori.

A causa di questa proprietà, le linee simmetriche sono teoricamente immuni da qualunque tipo di rumore o interferenza che si generi tra i conduttori e la massa.

I due conduttori di segnale si trovano di solito all'interno di una calza metallica (uguale a quella delle linee asimmetriche) collegata alla massa dell'apparecchio. Questo fornisce una protezione supplementare a quella già propria della linea.

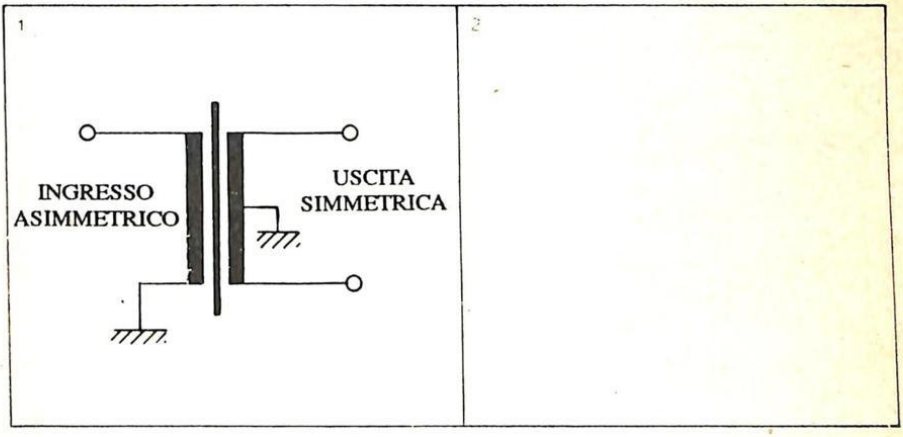


Fig. 22-Il passaggio da linea asimmetrica a simmetrica e viceversa si può effettuare in modo semplice, esistendo sul mercato adattatori adeguati allo scopo.

Se, inoltre, si usano linee a bassa impedenza, l'immunità ai segnali esterni indesiderati è quasi totale, per cui è una soluzione molto utilizzata. Per contro occorre pagare molti metri di cavo il che costituisce uno dei suoi principali inconvenienti. Pertanto la scelta tra l'uno e l'altro tipo di linea è determinata principalmente dall'obiettivo finale, qualità o economia, soprattutto per collegamenti lunghi.

Connettori

I connettori di tipo jack sono utilizzati di solito in linee asimmetriche, a meno che siano di tipo stereo (tre punti di connessione), ai quali si può accoppiare una linea simmetrica monofonica o asimmetrica stereofonica. I connettori tipo Cannon sono utilizzati, nella grande maggioranza dei casi, in linee simmetriche monofoniche, benchè si possano utilizzare senza alcun problema sia in linee asimmetriche, che monofoniche, che stereofoniche.

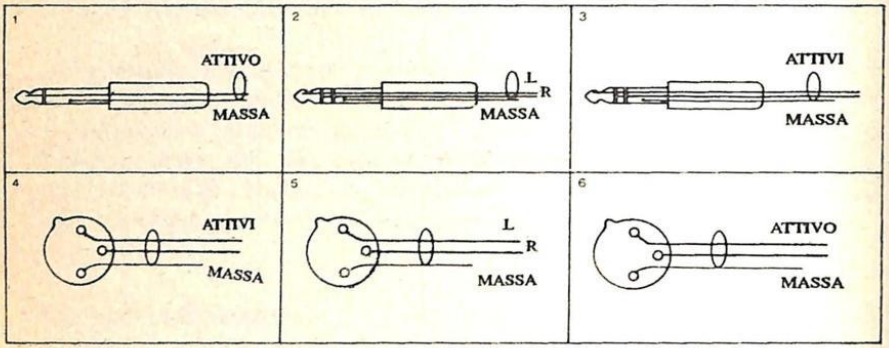


Fig. 23.-Connessioni più comuni dei diversi tipi di connettore. 1) Jack monofonico. 2) Jack stereofonico. 3) Jack stereofonico con linea monofonica simmetrica. 4) XLR monofonico simmetrico. 5) XLR stereofonico (L, sinistro; R, destra). 6) XLR monofonico asimmetrico.

Schermatura

Livelli del segnale

Quando il cavo, o linea di collegamento tra due apparecchi qualsiasi, porta segnali a basso livello (generalmente al di sotto di 1 V), viene sempre *schermato*. Questa operazione consiste semplicemente nel circondare il filo o i fili di collegamento con un altro conduttore a forma di calza, o conduttore a spirale, che fa le veci di schermo (da qui il suo nome) verso i segnali esterni perturbatori. Questa schermatura deve sempre essere collegata a massa, se si desidera che abbia effetto, e si usa sia per le linee simmetriche che asimmetriche (in questo caso costituisce uno dei conduttori del segnale).

Quando i segnali che attraversano la linea sono di un certo livello (al di sopra di 1 V), o quando le impedenze in gioco sono molto basse (ad esempio quelle di uscita dell'altoparlante di un amplificatore), non si utilizza di solito questo tipo di protezione, poichè i segnali perturbatori esterni non influenzano in modo apprezzabile il segnale di 1 V (livello elevato), e la bassa impedenza di collegamento impedisce che abbiano effetto sul segnale utile.

CAPITOLO 4

I COLLEGAMENTI VIDEO

In un sistema video i segnali di immagine provenienti da qualche apparecchiatura *escono* da essa ed *entrano* in altre, dove vengono elaborati. I collegamenti video e RF trasmettono questi segnali, e perciò i connettori potranno essere di *ingresso* e di *uscita*.

Quando il segnale di immagine è sotto forma di frequenza video, si parla di *collegamenti video* e di connettori di ingresso o uscita video (VIDEO IN/OUT). Se il segnale è modulato in radiofrequenza si tratta invece di *collegamenti RF*, e i connettori sono di ingresso e uscita RF (RF IN/OUT).

Cavi video e RF

I collegamenti video e RF esigono una precisione maggiore nella loro esecuzione, e soprattutto una qualità migliore, sia del cavo che dei connettori, rispetto ai collegamenti audio.

Nei collegamenti video si usa un *cavo coassiale* da 75 Ω di impedenza caratteristica e a bassa perdita; il più comune è quello detto *RG-59* o *RG-59/U*.

I collegamenti RF si effettuano con *cavo coassiale di antenna* che ha pure un'impedenza caratteristica di 75 Ω, ma ammette perdite maggiori rispetto al tipo RG- 59.

In entrambi i casi si tratta di cavi con un grosso conduttore centrale di rame (conduttore attivo) ed una calza esterna molto fitta. Tra filo e calza esiste un materiale isolante detto *dielettrico* e la calza funge da conduttore passivo (massa), o schermo nel collegamento.

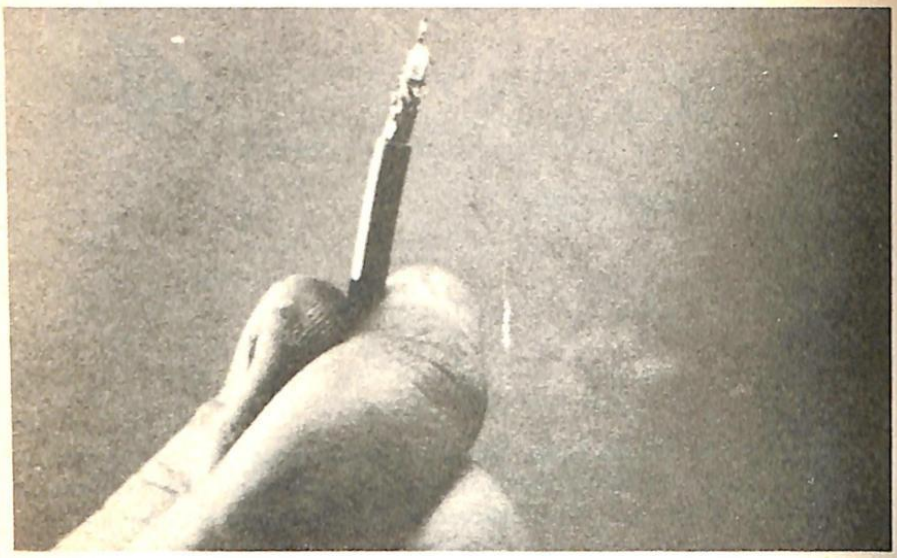


Fig. 1.-Cavo coassiale RG-59 utilizzato per collegamenti a videofrequenza.

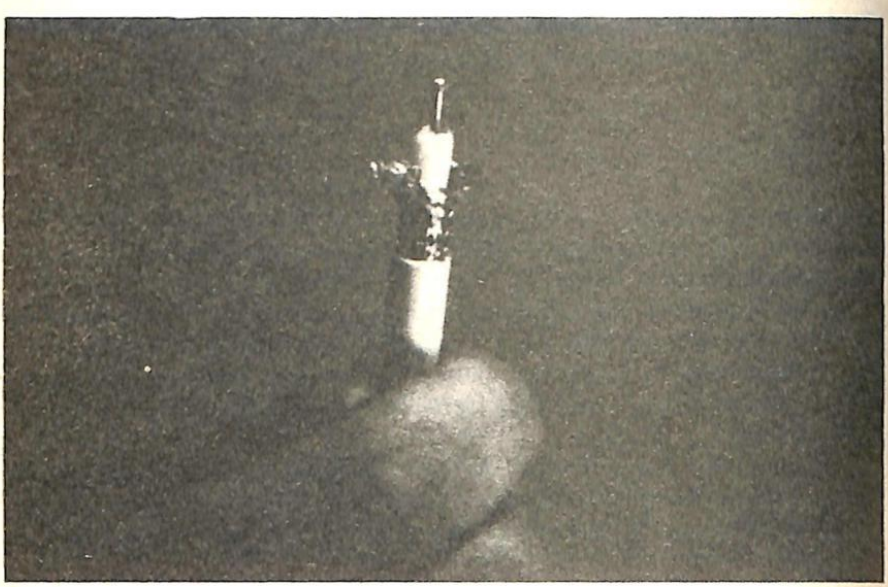


Fig. 2.-Cavo coassiale di antenna impiegato per collegamenti a radiofrequenza (RF).

Connettori BNC e UHF

Il BNC è un connettore di accoppiamento rapido (1/4 di giro) molto comune nei collegamenti video. I pannelli di connessione degli apparecchi incorporano connettori femmina, sia per l'ingresso (VIDEO IN) che per l'uscita (VIDEO OUT). Pertanto *i cavi di collegamento che utilizzano connettori BNC sono sempre equipaggiati con connettori maschi* alle loro estremità.

Se si smonta un BNC maschio, si trovano al suo interno varie parti di piccole dimensioni: rondella, gommino cilindrico, capsula troncoconica e spina connettrice. *La spina connettrice*, che termina a punta ed è di solito costituita da metallo nobile (oro), è il *conduttore attivo*, e presenta alla sua base un piccolo foro per l'inserimento e la saldatura del filo centrale del cavo coassiale. Le altre parti interne, assieme alla ghiera filettata di chiusura, hanno il compito di collegare la calza ed assicurare un solido fissaggio del connettore al cavo.

Il connettore UHF è di dimensioni e robustezza maggiori rispetto al BNC

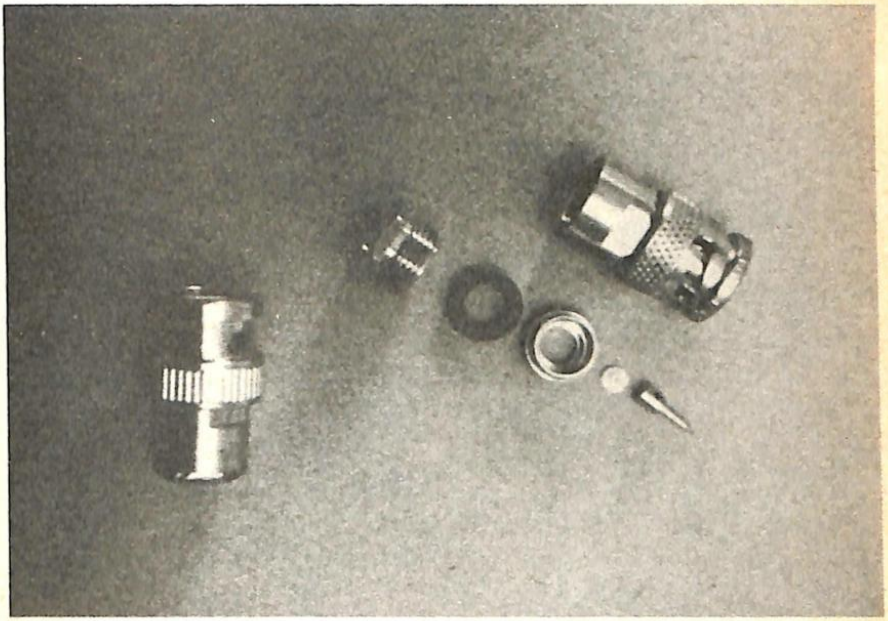


Fig. 3.-Connettore BNC maschio molto utilizzato nei collegamenti video. A destra il connettore smontato con i pezzi che lo costituiscono.

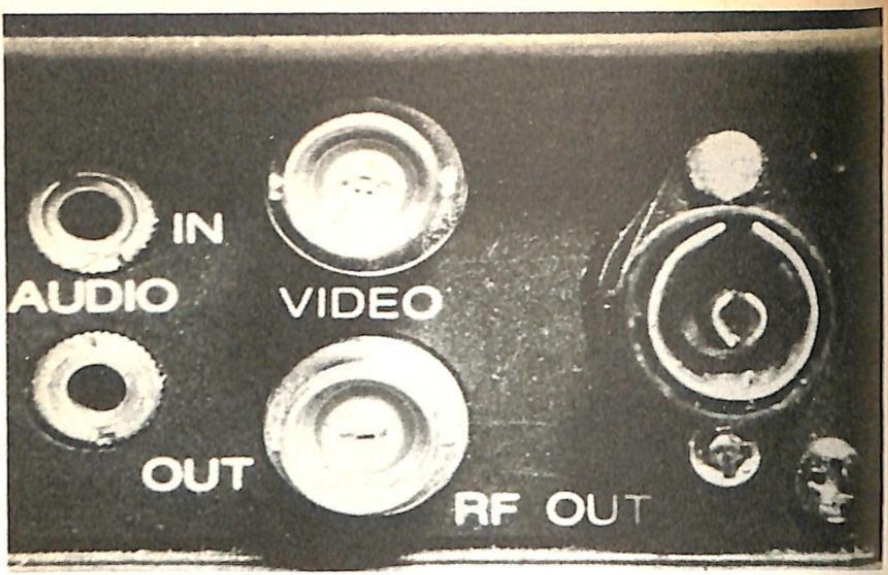


Fig. 4.-Connettore BNC femmina di ingresso (IN) e uscita (OUT) video, sul pannello di collegamento di un videoregistratore.

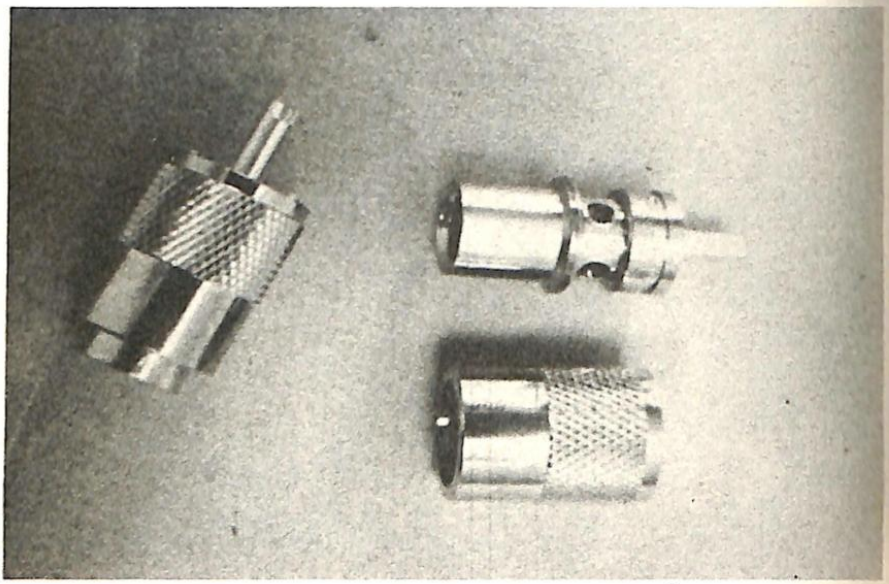


Fig. 5.-Connettore UHF maschio per collegamenti video. A destra il connettore smontato.

e, come quello, di aspetto interamente metallico. Si utilizza analogamente per la conduzione dei segnali video (VIDEO IN/OUT) in alcuni sistemi industriali e professionali, benchè tenda attualmente a non essere più usato.

E' costituito da un corpo principale (nucleo centrale), e da un cilindro avvitato a questo che, a sua volta, si inserisce avvitandolo nella femmina, e forma una connessione molto solida. Svitando il cilindro si può vedere che il corpo principale è costituito a sua volta da una spina o *terminale centrale*, che è il *contatto attivo*, e da un corpo cilindrico con vari fori, interni ad un avvallamento superficiale, che è la *massa*. Entrambi i conduttori sono separati da materiale isolante.

Connettori RF

I connettori RF sono quelli detti *coassiali di antenna* e, benchè la disposizione del terminale di contatto e di quello della calza sia sempre la stessa, ne esistono vari modelli in commercio, che si differenziano unicamente nel mec-

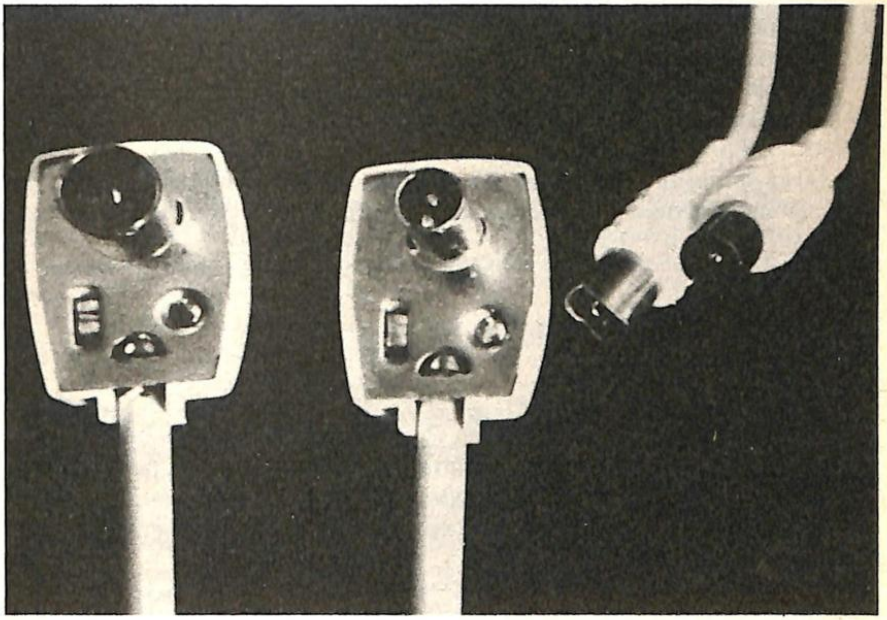


Fig. 6.-Modelli di connettori RF o coassiali di antenna maschi e femmine.

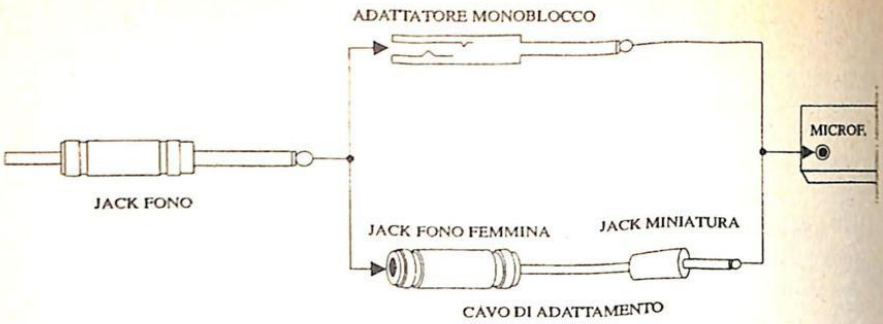


Fig. 7.-E' normale eseguire registrazioni audio simultaneamente al video, per cui è necessario utilizzare un microfono con connettore adatto.

canismo di accoppiamento ai conduttori del cavo.

In generale, un connettore RF maschio è costituito da *spina* o *terminale centrale* e *calza esterna* (i due conduttori, attivo e massa), con un coperchio o contenitore che protegge e isola i due terminali. Il connettore femmina, al contrario, ha un foro centrale e un anello perimetrale complementari alla spina e alla calza cilindrica esterna del maschio.

Negli apparecchi che dispongono di ingressi e/o uscite RF, *le uscite* (RF OUT) sono costituite da connettori *maschio* e *gli ingressi* (RF IN, ANTENNA IN, AERIAL IN) da connettori *femmina*. Pertanto occorrerà tener conto che al momento di eseguire collegamenti RF si dovrà installare un connettore maschio ed un connettore femmina su ciascun estremo del cavo *(connessione maschio-femmina)*.

Adattamento dei collegamenti

Quando, ad esempio, si collega al registratore portatile un microfono, prestato per l'occasione, può accadere che il suo connettore non coincida con quello corrispondente all'ingresso microfonico del registratore, per cui il collegamento diretto non è possibile. *In questi casi è necessario inserire un adattatore o cavo di adattamento* tra i due connettori incompatibili, perchè si possa effettuare il collegamento.

A causa della gran varietà di connettori esistenti negli apparecchi video, in funzione delle marche e dei modelli, è importante disporre, tra gli accessori dell'apparecchio, di qualche adattatore di uso frequente che permetta di effettuare collegamenti tra apparati con connettori diversi da quelli previsti dai

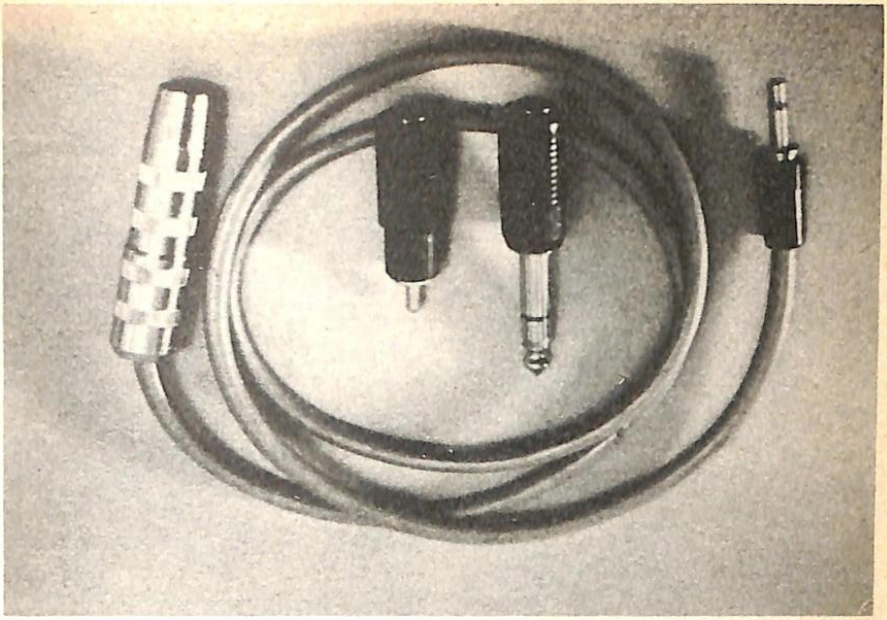


Fig. 8.-Diversi sistemi di adattamento di microfoni.

cavi usuali di collegamento.

Logicamente si possono anche smontare dai cavi di collegamento i connettori inadatti e sostituirli con quelli corretti, ma questa è un'operazione che richiede un certo tempo, e che non sempre è possibile eseguire durante il lavoro.

Sul mercato specialistico si può trovare una gran varietà di adattatori per i collegamenti più comuni video e audio.

Un tipo è costituito dagli *adattatori monoblocco*, consistenti in un solo pezzo che include i due connettori complementari (maschio o femmina) a quelli cui devono essere intercalati. I monoblocco sono adattatori molto pratici e affidabili.

Un altro tipo è costituito dai *cavi di adattamento*, costruiti con un cavo con i connettori corrispondenti che possono essere realizzati facilmente in casa, allo stesso modo dei cavi di collegamento normali.

Prima di acquistare o realizzare un adattatore, occorre però determinare l'adattamento necessario.

Un adattamento si identifica dal tipo e dalla forma (maschio o femmi-

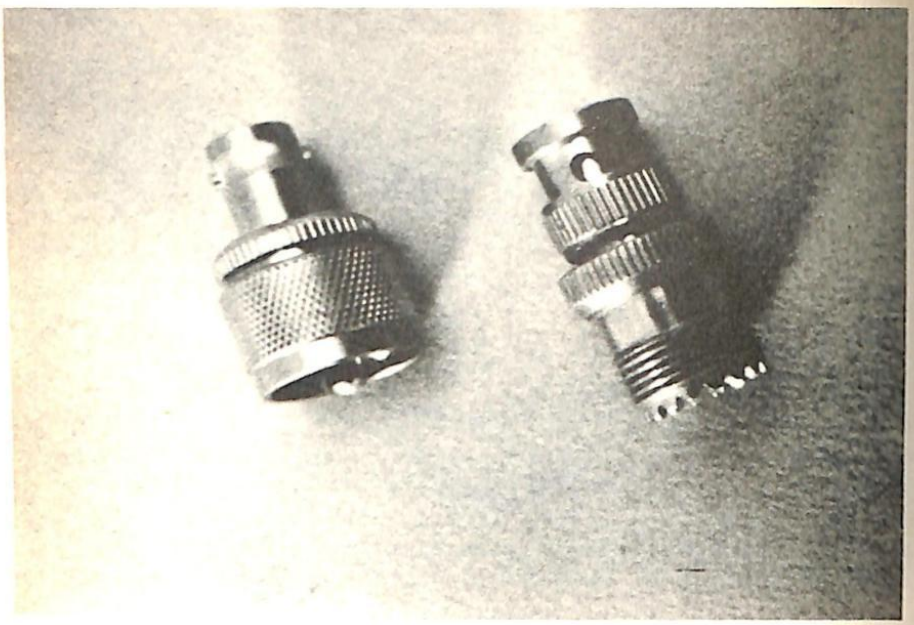


Fig. 9.-Adattatori monoblocco per collegamenti video: UHF femmina - BNC maschio, BNC femmina - UHF maschio.

na) *dei connettori necessari*, o anche dai connettori tra i quali viene intercalato.

Cavi di adattamento video

I connettori normalmente utilizzati per i collegamenti di ingresso ed uscita video (VIDEO IN e VIDEO OUT) sono di due tipi: BNC e UHF. Gli adattamenti *BNC maschio-UHF femmina* e *UHF maschio-BNC femmina* sono i più utilizzati nei collegamenti video, e si possono trovare in commercio in configurazione monoblocco.

Alcuni modelli di registratori hanno connettori diversi dai suddetti UHF e BNC. In tal caso sarà necessario costruire l'adattamento adeguato con un piccolo pezzo di cavo ed i connettori adatti.

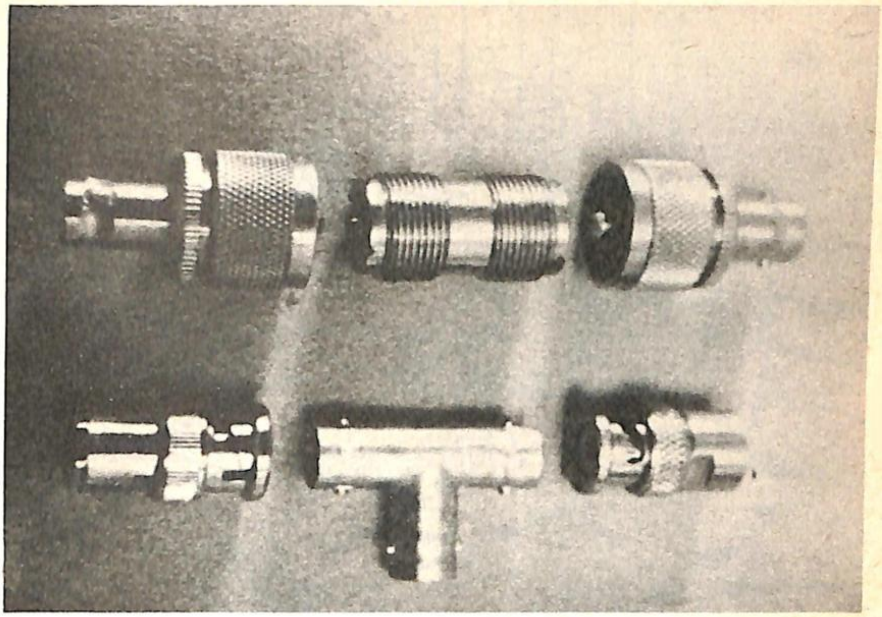


Fig. 10.-Doppia femmina UHF per collegamento di cavi, e tripla femmina BNC utilizzata per derivazioni.

Prolungamento dei cavi di collegamento

Il prolungamento dei cavi di collegamento può essere considerato un caso particolare degli adattamenti. Quando un collegamento è troppo corto per la distanza prevista, si può allungare mediante l'uso di una o più prolunghe. La prolunga è costituita da una determinata lunghezza di cavo, del tipo adeguato per il segnale da trasferire, ai cui estremi si montano i connettori che permettono di intercalare detto cavo nel collegamento, aumentandone la lunghezza. Benchè in qualunque caso possa essere necessaria una prolunga, i casi tipici sono:

il prolungamento del cavo della presa di corrente, che può essere facilmente eseguito con i metri necessari di cavo ed un paio di spine, una maschio e l'altra femmina. La prolunga più comune è maschio-femmina.

Per la prolunga del cavo microfonico, oltre alla lunghezza esatta del cavo, si raccomanda di utilizzare connettori tipo jack per la loro robustezza. Le prolunghe microfoniche sono di solito maschio-femmina.

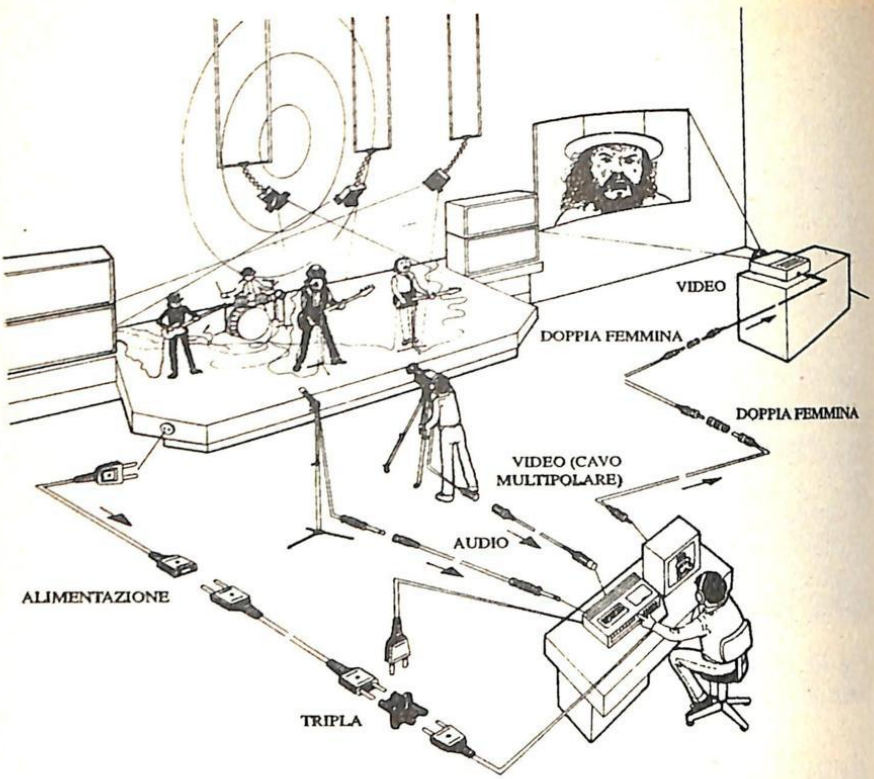


Fig. 11.-Le prolunghe dei cavi di alimentazione, audio e video, permettono di disporre i diversi elementi del sistema nella posizione più conveniente per il loro uso.

Le prolunghe del cavo multipolare della telecamera sono maschio-femmina, costituite dai metri necessari di cavo multipolare e da connettori di tipo appropriato (10 pin, 14 pin...).

Le prolunghe del cavo video si effettuano mediante accessori molto diffusi: le *doppie femmine* che sono costruite e commercializzate in forma monoblocco, sia per il connettore BNC che per l'UHF. Mediante le doppie femmine si possono collegare tra loro due connettori maschio, il che permette di usare cavi con connettori maschi alle due estremità. Le prolunghe non differiscono in questo caso dai cavi di collegamento ordinari, che sono ma-

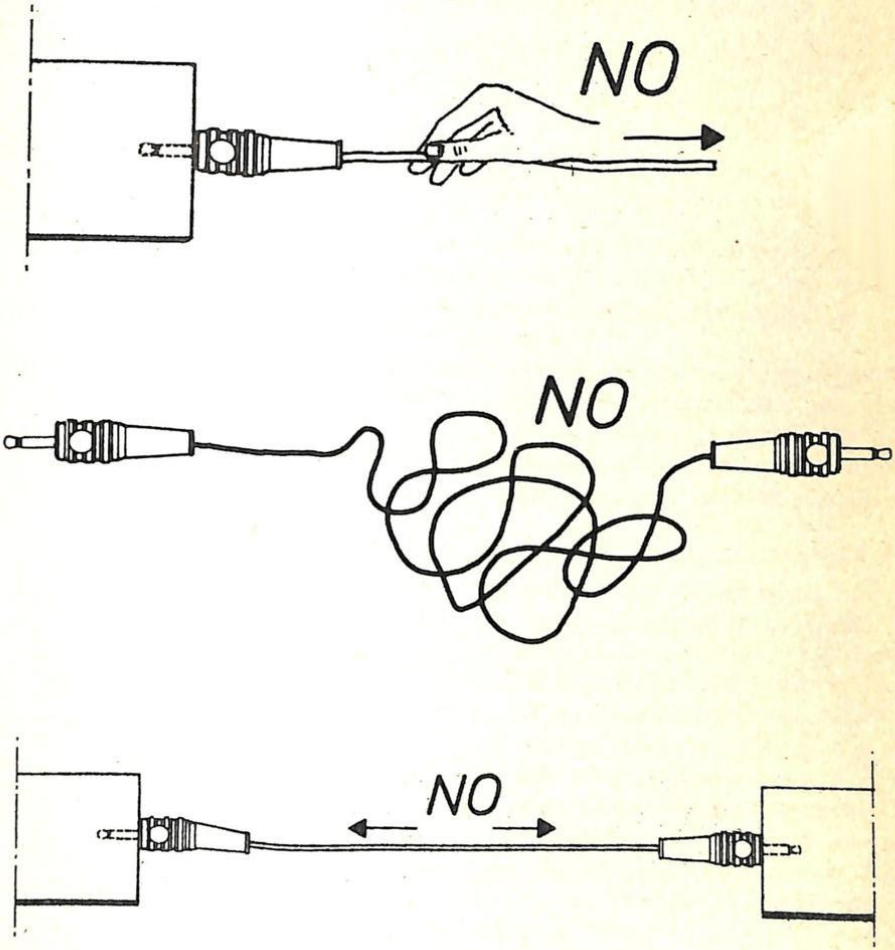


Fig. 12.-Manipolazione dei cavi di collegamento.

schio-maschio, il che unifica vantaggiosamente i collegamenti.

Sia per le prolunghe audio che video, occorre tener presente che *all'aumentare della lunghezza del collegamento si produce una perdita o caduta di segnale*, che dipende da due fattori: il livello di uscita del segnale, e le caratteristiche conduttive del cavo.

CAPITOLO 5

METODI DI DISTRIBUZIONE DEL SUONO VIA CAVO

Esistono molti casi in cui è richiesta una distribuzione dei segnali audio a diverse camere, locali, piani di un edificio, ecc., come nel caso di un appassionato che voglia avere più di un luogo di ascolto della sua musica favorita.

Tutti gli apparecchi che formano una catena audio convenzionale sono predisposti per essere centralizzati in un certo luogo. Tra questi sono compresi gli amplificatori, che sono incaricati di fornire l'energia sufficiente agli altoparlanti o casse corrispondenti. Questo obbliga a scegliere accuratamente in quale camera disporre tutta la catena, essendo poi condizionati ad effettuare l'ascolto in essa.

La maggior parte dei moderni amplificatori, ha la possibilità di poter collegare due o più sistemi di altoparlanti indipendenti (per ciascun canale, se sono stereofonici), con il che il problema, almeno in parte, può essere risolto.

Tuttavia questo metodo presenta alcuni inconvenienti. Ad esempio se si desidera ascoltare musica in due luoghi distinti (quelli in cui si trova ciascun sistema di altoparlanti), il volume sonoro si regola allo stesso modo per entrambi i sistemi, il che può non essere conveniente se in uno dei due luoghi si desidera avere solo musica ambientale (livello basso e costante).

Questo problema non sarebbe molto difficile da risolvere parzialmente, poichè si potrebbe incorporare un attenuatore (doppio, se il sistema è stereofonico) che riduca il segnale che raggiunge il sistema di altoparlanti *satellite* utilizzato per sonorizzare l'ambiente. Ciò implica l'utilizzo di potenziometri ad alta dissipazione, il che non è sempre possibile; inoltre il livello sonoro non potrebbe superare quello che è inviato dall'amplificatore principale, per cui non si potrebbe invertire la funzione di entrambi i sistemi.

Un'altra pecca che può presentare la centralizzazione della catena, è

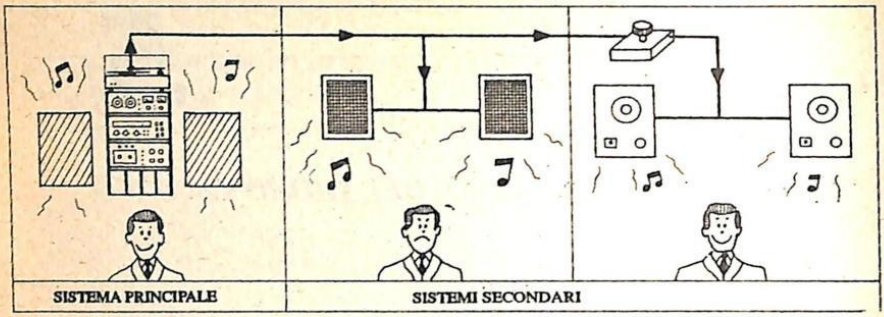


Fig. 1.-Un inconveniente esistente nella distribuzione del suono, a partire da un unico stadio di potenza, è che tutti i sistemi devono funzionare allo stesso volume. A ciò si può ovviare parzialmente con l'aggiunta di un attenuatore, che abbassi tale volume sonoro al livello desiderato.

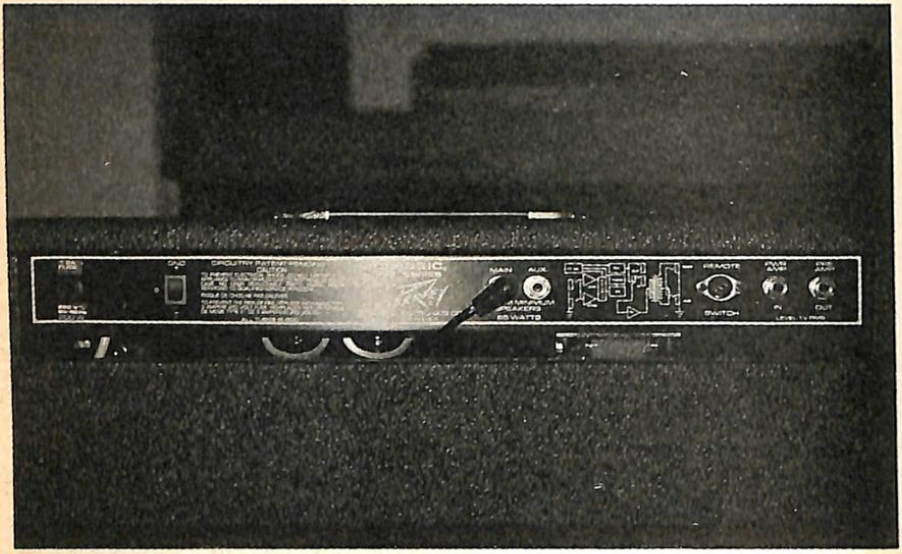
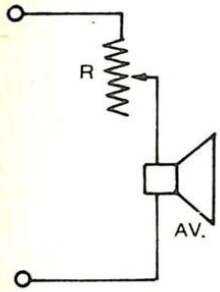


Fig. 2.-Molti amplificatori hanno la possibilità di fornire segnale a vari sistemi di altoparlanti, con il che si facilita la distribuzione del suono.



IMPEDENZA ALTOPARLANTE Ω	CAMPO ATTENUAZIONE (dB)	
	0-11	0-21
4	50 Ω	500 Ω
8	100 Ω	1000 Ω
16	200 Ω	2000 Ω

Fig. 3.-Schema di collegamento di un attenuatore variabile. Il valore della resistenza R (potenziometro) è funzione dell'impedenza dell'altoparlante e del campo di attenuazione richiesto. Tale potenziometro deve poter dissipare una potenza uguale o superiore alla quarta parte di quella che può fornire l'amplificatore all'altoparlante da 8 Ω.

quella del controllo dell'accensione e dello spegnimento degli apparecchi che la costituiscono, che deve necessariamente essere eseguita nel posto da essi occupato.

Potrebbe nascere qualche altro inconveniente, come la mancanza di flessibilità per l'ampliamento del sistema ad altre abitazioni o luoghi in cui si desideri avere musica.

Quando il sistema audio considerato è stereofonico (il che oggigiorno accade in pratica nella totalità dei casi), l'appassionato che desideri avere punti audio supplementari deve farlo con coppie di casse. Tuttavia esistono luoghi in cui non è necessaria una riproduzione stereofonica, come per la musica ambientale (caso in cui viene utilizzata solo come sottofondo, non per una attenzione permanente), o in luoghi normali, come in una casa, in una cucina, nel bagno o su di una piccola terrazza.

Come si può constatare, esistono molte circostanze in cui si hanno possibilità molto limitate di agire con i mezzi di cui abitualmente si dispone. Tuttavia, in elettronica, ed all'interno di questa nel campo audio, quasi tutto è possibile, ed esiste una grande quantità di mezzi e metodi che possono aiutare a risolvere i problemi abbozzati.

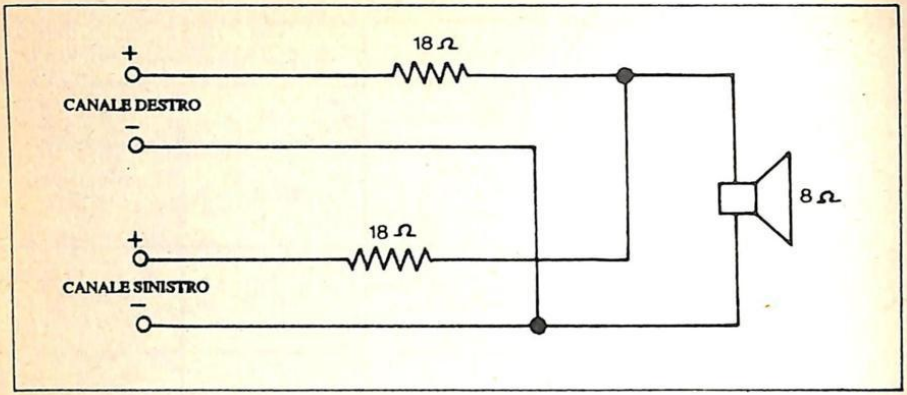


Fig. 4.-Schema di collegamento per un altoparlante o cassa da 8 Ω che riproduca monofonicamente un programma stereofonico. La diafonia risultante da questo collegamento raggiunge circa 45 dB, valore sufficientemente elevato perchè non si disturbi il programma stereofonico. Le resistenze da 18 Ω devono poter dissipare una potenza uguale o superiore all'ottava parte di quella che può essere fornita all'altoparlante di 8 Ω, ciascuna. Il volume sonoro fornito è 10 dB al di sotto di quello che si ottiene dalla normale riproduzione stereofonica.

I segnali audio che si desiderano distribuire, possono essere convogliati con tre mezzi distinti: via cavo, senza fili (che non utilizzano un supporto fisico per il loro trasporto), e con metodi misti.

I cavi

La *trasmissione via cavo* di tutti i tipi di segnali elettrici (tra i quali si includono quelli audio), è stata quella tradizionalmente usata, e continua ad essere la più importante, essendo utilizzata per compiti diversi, come la distribuzione di energia elettrica, le reti telefoniche, o l'intercomunicazione tra elaboratori elettronici mediante le reti di trasmissione dati.

Se ci si riferisce unicamente ai casi che interessano i segnali audio di cui ci si sta occupando, esistono una grande quantità di linee, molte delle quali già note a tutti, essendo di impiego frequente, o essendo state commentate nelle pagine precedenti, di cui si ripropongono le più utilizzate.

La linea di trasmissione più semplice è costituita da una coppia di fili

uguali tra loro, separati da una certa distanza fisica, costante; è quella nota comunemente come *cavo parallelo*.

Il cavo parallelo è utilizzato in un'infinità di situazioni: collegamenti degli apparecchi alla rete, collegamenti degli altoparlanti all'uscita degli amplificatori, presa di corrente dalla batteria ad un'autoradio, uso negli apparecchi di misura e controllo, ecc. Si può dire che è il tipo di linea più utilizzato.

Due cose possono interessare di un cavo parallelo: il suo isolamento e la sua sezione. Esiste una grande varietà di tipi di isolamento del conduttore, dal fine strato di smalto di appena qualche millesimo di spessore, fino ai rivestimenti a strati multipli. Di tutti, quello che più frequentemente si incontra, è formato da polimeri plastici (acetato e cloruro di vinile, derivati della cellulosa, polietilene, ecc.).

Quando l'estremità del cavo deve essere saldata, è importante che il rivestimento sia indeformabile al calore, poichè a causa di questo si potrebbe produrre una mancanza di isolamento.

La sezione del conduttore interessa per due motivi: la resistenza elettrica del cavo (diversa dall'impedenza che presenta per i segnali audio), e la corrente massima che può circolarvi. Quest'ultima è stabilita normalmente dall'aumento di temperatura che si manifesta nel cavo durante il funzionamento, che a sua volta è dato dalla resistenza dello stesso.

Quando si tratta di trasferire segnali audio, il cavo parallelo può essere sostituito da due cavi unipolari con la stessa sezione del conduttore (cavetto o cavo di collegamento), sia sciolti o separati, che intrecciati tra loro. Nell'uno o nell'altro caso il conduttore può essere formato da un solo o da vari fili più fini intrecciati. Non c'è differenza elettrica apprezzabile tra i due tipi, a parità di sezione. Esiste invece differenza di utilizzo poichè, mentre quelli a filo unico sono più rigidi e meno maneggevoli, quelli intrecciati sono flessibili e meno esposti alla rottura del conduttore.

Il cavo parallelo ha lo stesso comportamento a tutte le frequenze audio, e non è necessario tener conto della impedenza propria (diversa dalla resistenza), in quanto lo stesso può collegare punti sia a bassa che alta impedenza, che uno ad alta e l'altro a bassa. Quando collega due apparecchi ad alta impedenza, questo tipo di cavo ha propensione a captare rumori, ronzii e segnali parassiti, specialmente se la lunghezza è elevata o se, nel suo percorso, passa nelle vicinanze della sorgente dei segnali spurii. Per questo motivo, si usa solo quando su una delle due estremità (quasi sempre il generatore di segnale), o su entrambe, si trova un'impedenza di basso valore (esempio: il collegamento degli altoparlanti).

Captare segnali parassiti è sempre indesiderabile e si deve evitare. Questa captazione risulta però molto più pregiudizievole quando l'ampiezza dei segnali trasferiti dal cavo è molto piccola (per mettere un limite, circa 0,5 V),

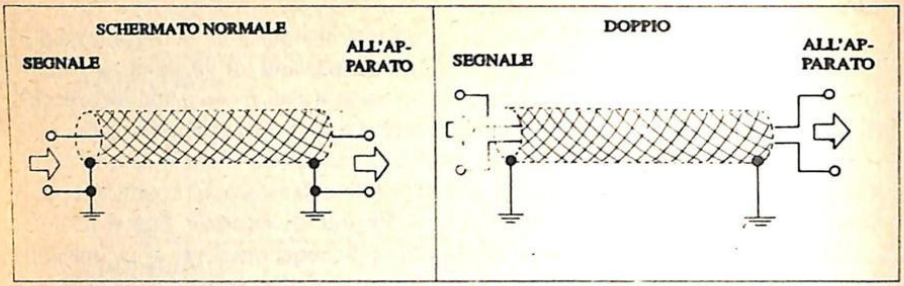


Fig. 5.-Modi di collegamento con cavo schermato. La calza deve sempre essere collegata a massa.

caso in cui il loro uso deve essere totalmente rifiutato.

In questa situazione si usa un altro tipo di cavo, detto *blindato* o *schermato* che, come già precisato precedentemente, è costituito da un conduttore (unico o intrecciato) centrale, isolato e circondato da un secondo di forma cilindrica, o meglio da una calza o da un conduttore a spirale. Il complesso può essere isolato o meno con un rivestimento esterno.

Il conduttore esterno impedisce che possano arrivare a quello interno segnali parassiti e perturbatori, funzionando come uno *schermo* (da qui la denominazione di questo tipo di cavo), in modo che si possano trasferire segnali di

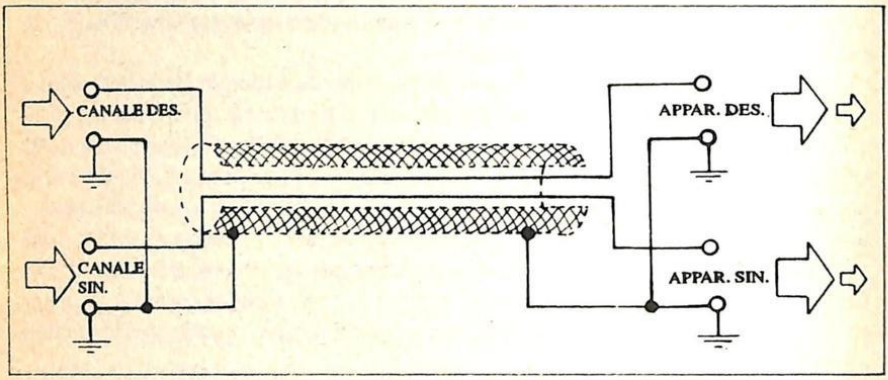


Fig. 6.-Quando un cavo simmetrico schermato viene usato per trasferire segnali stereofonici, si provoca sempre diafonia (miscelazione dei canali), il cui valore dipende dalla lunghezza del cavo utilizzato.

qualsiasi livello, e possa essere collegato tra apparecchi di qualsivoglia impedenza, alta o bassa.

Molti lettori si chiederanno perchè non si utilizza questo tipo di cavo in modo universale, se è in grado di risolvere i problemi dei segnali parassiti. La riposta sta nel suo prezzo, poichè è più costoso di quello parallelo. Per questo si usa solo nelle applicazioni in cui risulta indispensabile, o in cui si può porre economia e convenienza a un livello accettabile.

Dato che questo tipo di cavo si usa solo con segnali di ampiezza molto piccola e, in generale, per collegare impedenze di valore medio o alto (il che implica valori di corrente molto bassi), le sezioni del conduttore con cui viene costruito sono molto piccole (quello interno di solito non supera 0,5 mm^2 per applicazioni audio), il che a sua volta ne limita l'uso al di fuori del campo previsto.

Perchè lo schermo del cavo schermato possa esercitare la sua funzione, è necessario che sia collegato elettricamente a un punto il cui potenziale risulti costante. La cosa più abituale è collegarlo alla *massa* o *terra* dell'apparecchio a cui va unito, punto che soddisfa la condizione richiesta.

Altri collegamenti con cavo

Nonostante si prendano tutte le precauzioni dette, succede spesso che la

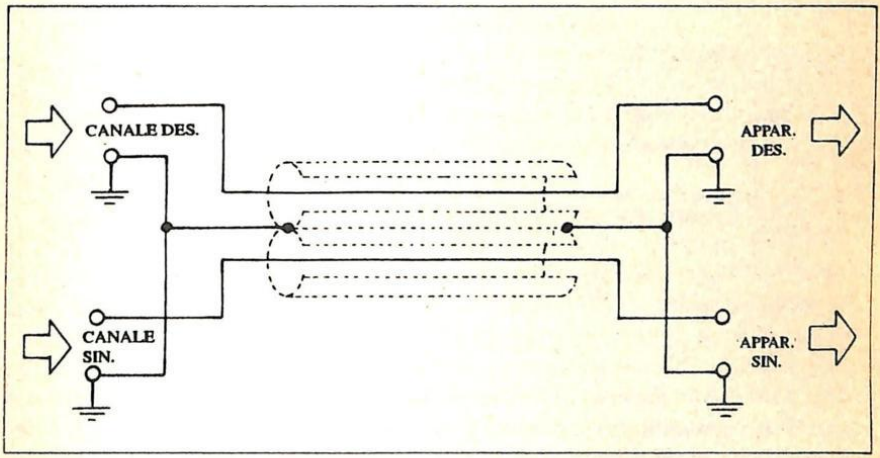


Fig. 7.-Con il cavo schermato parallelo non si provoca diafonia tra i canali di un sistema stereofonico. Le calze devono sempre essere collegate a massa.

massa dell'apparecchio sia in grado di introdurre un certo rumore o ronzio, generalmente dovuto ad interferenze con la rete di distribuzione in alternata.

Le cause di questo fenomeno possono essere molte e varie; talvolta sono talmente difficili da localizzare che, per scoprire la loro origine, sono necessarie ore di ricerche per un tecnico esperto in materia, poichè evidentemente ogni tipo di *avaria* (o funzionamento anomalo) ha una sua causa.

La questione che interessa è che, a volte, si produce questo ronzio indesiderato che si *mescola* con il segnale. Se tale segnale è debole, il ronzio sarà più apprezzabile, con conseguente deterioramento del segnale trasmesso attraverso il cavo.

Però a tutto esiste una soluzione; in questo caso è costituita dalla schermatura di due conduttori che si trovano all'interno della calza. Così il segnale, per debole che sia, si trasmette con una coppia di fili (simili al cavo parallelo) ai quali non arrivano segnali perturbatori esterni, poichè sono schermati. Questo tipo di collegamento (e pertanto il cavo che fornisce il supporto fisico allo stesso) viene detto *bilanciato* o *simmetrico* ed è molto usato in campo professionale, come è già stato precedentemente spiegato.

Il suo utilizzo è comunque più limitato rispetto al cavo schermato, dato che il suo costo è superiore. Il doppio cavo schermato o simmetrico si utilizza spesso per realizzare collegamenti in o da apparecchi stereofonici, in cui si richiede cavo schermato normale. In questo caso ognuno dei conduttori interni si utilizza per un canale, mentre la calza serve da conduttore comune ad entrambi.

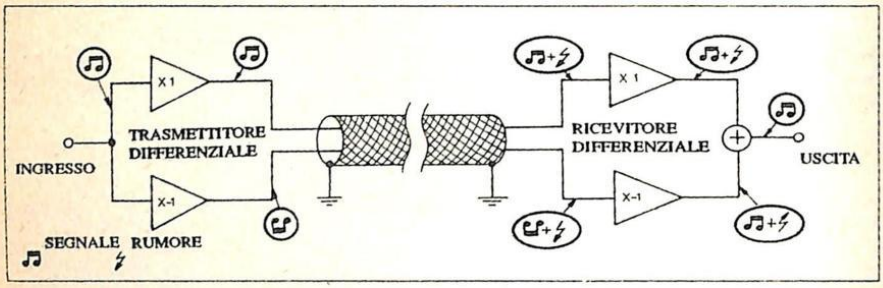


Fig. 8.-Nel collegamento differenziale si prelevano due segnali di ampiezza uguale e fase opposta con ciascun filo di un cavo bilanciato. La massa è comune a entrambi i segnali. Nella parte ricevitrice si effettua il procedimento inverso a quella trasmettitrice, annullando tutti i segnali parassiti che si siano sovrapposti.

Tuttavia non è molto consigliabile utilizzarlo per questo tipo di applicazione. Effettivamente i segnali condotti dai fili interni alla calza saranno protetti da tutte le perturbazioni esterne indesiderabili (salvo il caso già citato); però è evidente che il segnale che attraversa uno dei conduttori potrà influenzare l'altro conduttore, causando in quest'ultimo interferenze che, benchè provenienti da un segnale *buono*, sono per esso indesiderabili.

Questo effetto è tanto più sentito, quanto più elevata è la frequenza del segnale interferente, ed ha origine nella capacità elettrica che presentano tra loro i due conduttori (capacità che equivale a collegare un condensatore tra i due); il valore di questa capacità dipende dalla lunghezza del cavo, per cui a maggior lunghezza corrisponde un valore di capacità più alto. Valori di 20-25 pF per metro di cavo di questo tipo sono usuali.

In pratica, l'interferenza tra i due conduttori si presenta come un aumento della diafonia tra i canali del sistema stereo, più evidente quanto maggiore è la frequenza del segnale. Per evitare questa diafonia o miscelazione di canali, si ricorre all'impiego di due fili schermati indipendenti, in modo che il filo conduttore del segnale di ciascun canale viaggi protetto da tutte le influenze che non siano le proprie.

Questo tipo di cavo può avere l'aspetto di uno di tipo parallelo, ma ne differisce poichè ciascuno dei due cavi è schermato. Evidentemente si ha un guadagno di qualità a spese, come sempre, dell'economia.

Con questo cavo (schermato parallelo) si può ottenere un tipo di collegamento che si dice *differenziale*. Con questo tipo di cavo, l'apparecchio che deve inviare l'informazione (che si potrebbe chiamare trasmettitore) genera due segnali identici ma di segno contrario uno all'altro; ciascuno di questi due segnali viene inviato mediante uno dei cavi schermati.

Dalla parte del ricevitore, l'apparecchio estrae l'informazione come differenza dei segnali che gli arrivano da ciascuno dei fili che corrono interni alle calze. Dato che entrambi i segnali sono opposti, la loro differenza sarà uguale al doppio di uno di essi (qualitativamente uguale a quello che si desidera inviare).

Il sistema presenta il vantaggio che, se per qualsiasi motivo, si è verificata l'intrusione di qualche segnale spurio o di qualche ronzio, per difetti delle masse, questa interferenza arriverà tramite *entrambi* i fili e con la *stessa fase*, per cui sarà automaticamente eliminata dal ricevitore (la differenza delle interferenze dei due fili sarà nulla essendo uguale su entrambi). Il collegamento differenzale quindi si può effettuare con cavo schermato simmetrico o bilanciato, ottenendo gli stessi vantaggi.

Inoltre, si possono trovare in commercio altri tipi di cavo, costituiti da vari fili in numero variabile (4, 6, 8, ecc.), sia dello stesso tipo, sia formati da tipi diversi in qualsiasi combinazione (ad esempio cavo parallelo e scherma-

to, fili sciolti e a doppio isolamento, ecc.). Questi cavi sono normalmente detti *a treccia*, ed è normale trovarli nella forma descritta, o rivestiti complessivamente con un isolante, nel qual caso si denominano *fasci*, benchè sia l'una che l'altra definizione si possano applicare ad entrambi.

Sorgenti di segnale

Perchè esista una *distribuzione* audio, è evidente che il suono deve essere *prodotto* preventivamente in qualche modo. Di questo si incaricano le sorgenti sonore, le cui classi, tipi e funzionamento sono stati trattati in un altro volume. Attualmente ciò che interessa è la loro localizzazione fisica, di qualunque tipo siano.

In generale si possono suddividere in tre grandi gruppi, in funzione del fatto che *tutte* le sorgenti si trovino fisse e collegate (come nel caso di una catena audio), o si trovino in uno spazio più o meno grande, ma fisse (come ad esempio una sala per conferenze in cui ciascuna persona abbia un microfono a fianco per esporre la propria opinione), o infine non abbiano un posto fisso di localizzazione (come potrebbe essere il caso di un giornalista che effettui interviste mobili).

Sembra chiaro che, per una maggior facilità di manipolazione delle sorgenti, i segnali provenienti dalle stesse devono essere centralizzati in qualche modo. Così come lo sono nella catena audio, nella sala per conferenze deve esistere un collegamento tra ogni microfono e una consolle centrale che pos-

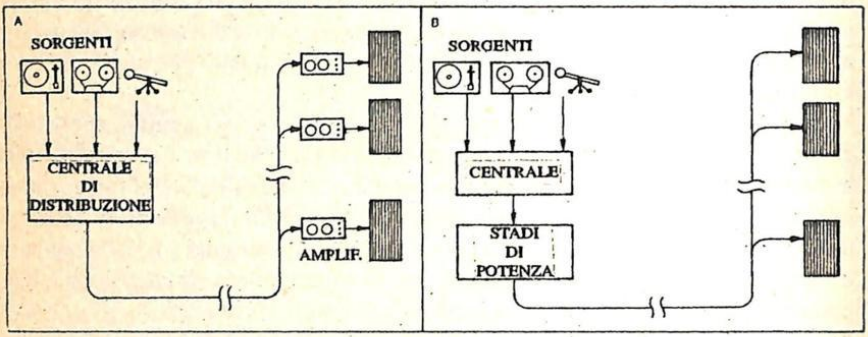


Fig. 9.-La distribuzione sonora si può effettuare inviando un segnale a basso livello la cui energia viene innalzata nel punto da sonorizzare (A), oppure elevando prima tale energia che viene in seguito inviata ai diversi punti (B).

sa selezionarli, il giornalista può essere equipaggiato con un microfono senza fili che lo colleghi via radio ad un controllo posizionato in un luogo fisso.

Ci si occuperà allora di questi metodi di collegamento con una postazione centrale, poichè si suppone che, in qualche modo, tutti i segnali audio da distribuire si trovino localizzati in una certa posizione che sarà l'origine della distribuzione desiderata.

Il segnale proveniente dalla sorgente è generalmente di livello molto basso, e non si può utilizzare direttamente per eccitare un altoparlante che lo *traduca* in suono percepibile all'udito. E' quindi necessario utilizzare un amplificatore che aumenti la sua energia al livello desiderato.

Esiste una chiara suddivisione dei metodi da seguire, essendo possibili due procedimenti nettamente diversi: o si distribuisce il segnale direttamente fino ai punti desiderati nei quali lo si amplifica fino al livello di potenza necessario (decentramento della potenza), oppure si amplifica nel punto di origine e si trasferisce fino ai luoghi richiesti nei quali è necessario avere soltanto un altoparlante, o cassa acustica, o riproduttore sonoro (accentramento della potenza).

La decisione è importante, dato che la filosofia dei due sistemi è totalmente diversa, e in base ad essa si devono impiegare mezzi e apparecchiature diverse. Centralizzare l'apparecchio di potenza presuppone di utilizzare *un* solo apparecchio di potenza elevata, mentre il metodo di decentramento implica l'uso di vari apparecchi, ciascuno in grado di fornire la potenza acustica necessaria.

Vediamo quali mezzi si possono utilizzare in funzione della scelta effettuata.

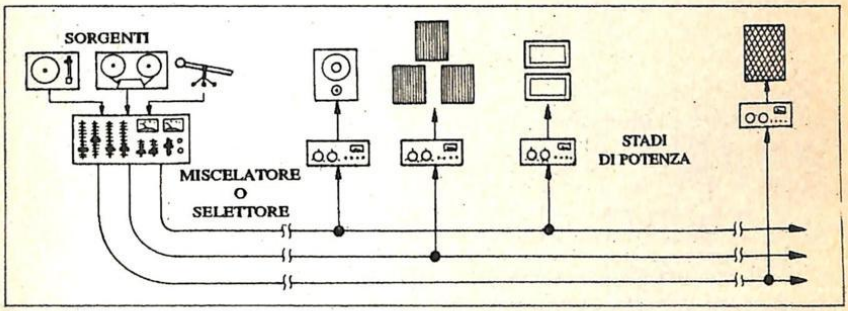


Fig. 10.-La distribuzione a basso livello deve essere effettuata sempre con cavo schermato. Sono necessari tanti cavi quanti sono i segnali da inviare.

Decentramento della potenza

Con il metodo di *decentramento della potenza* è evidente che il livello dei segnali da distribuire sarà fissato dalla sorgente stessa.

Ad eccezione di casi molto rari, questo livello è molto basso e può oscillare tra qualche decimo di millivolt (trasduttori a bobina mobile), e qualche centesimo di volt (registratori, trasduttori ceramici, ecc.). In qualsiasi caso, sono segnali esposti ad essere mascherati da rumori, ronzii, segnali parassiti, ecc., ragion per cui, per il loro trasferimento, deve essere del tutto escluso il cavo parallelo.

La scelta del cavo schermato è, in questo caso, la più indovinata, e quella con cui si ottengono i migliori risultati. Gli altri tipi di cavo devono essere evitati essendo antieconomici.

Si può anche trasmettere il segnale senza fili, eccetto che per induzione, poichè sarebbe necessaria una considerevole ampiezza di segnale da fornire all'avvolgimento *trasmettitore*, se si vuole che il sistema funzioni. I metodi a infrarossi o ultrasuoni hanno una portata limitata, non solo dalla distanza che possono percorrere, ma anche perchè sono influenzati da ogni ostacolo che si interpone sul loro percorso, come muri, mobili, ecc. Il loro uso è quindi ristretto a luoghi senza ostacoli o spazi esterni.

Si può anche usare qualche metodo misto, benchè ne risulti un costo molto superiore, poichè occorrono cavo e apparecchiatura elettronica che manipoli il segnale da trasferire. La decisione in questo caso dipende dalle esigenze economiche e di installazione che si presentano.

Quando si tratta di distribuire vari canali sonori, il metodo ad induzione

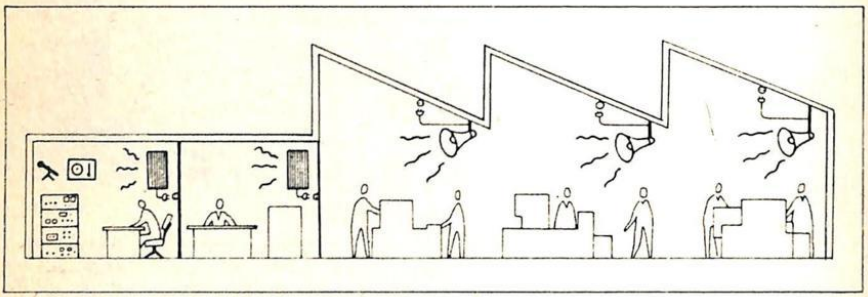


Fig. 11.-Uno dei principali vantaggi della distribuzione sonora con onde radio attraverso la rete, è quella di poter raccogliere il segnale in qualsiasi punto in cui esista una presa.

con segnali radio risulta molto interessante, poichè presenta tutti i vantaggi di una installazione senza fili, e l'apparecchio adattatore può accettare segnali a basso livello, per cui gli si possono accoppiare direttamente le sorgenti senza necessità di elevare preventivamente la loro energia. E' importante notare che quest'ultimo fatto non si verifica quando il segnale da distribuire è audio, nel qual caso è necessario fornire un'energia elevata all'avvolgimento primario.

Sembra che il trasferimento con cavo schermato presenti vantaggi maggiori. Tuttavia quando la lunghezza del collegamento diventa molto lunga (qualche centinaio di metri), il segnale si indebolisce lungo il percorso o capta rumori parassiti, nel qual caso si deteriora irrimediabilmente. Pertanto si devono studiare entrambi i metodi e confrontarli con le prestazioni fornite (indebolimento del segnale, captamento di rumori, ecc.), effettuando la scelta tra l'uno e l'altro in base alla convenienza.

Quando non si desidera, non si può, o non conviene realizzare una installazione fissa con cavo, può essere un'ottima soluzione usare la distribuzione della rete elettrica per effettuare il trasferimento di segnali radio attraverso essa, in particolare quando questa raggiunge tutti i luoghi che si vogliono sonorizzare, o le loro prossimità.

In alcuni casi in cui l'alimentazione di rete serve certi tipi di macchine che possono essere fonte di gravi disturbi elettrici, questo metodo non è consigliabile, dato che il segnale radio potrebbe esserne influenzato fino al punto di non poter essere estratto dall'alimentazione con qualità sufficiente. Al contrario, per l'amatore che desideri sonorizzare il proprio appartamento, è un'ec-

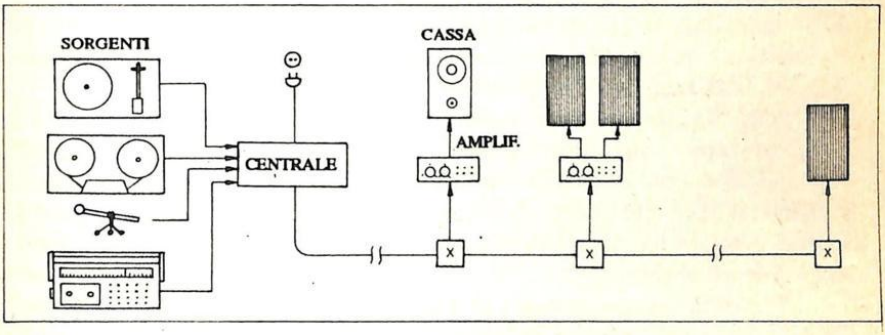


Fig. 12.-La distribuzione sonora può anche essere effettuata elevando prima il livello dei segnali da trasmettere, mediante la diminuzione dell'impedenza di uscita dell'apparecchio adattatore. In questo modo è possibile utilizzare per la distribuzione, cavo parallelo normale o matasse di vari conduttori.

cellente soluzione, poichè gli permette di portare l'apparecchio di sonorizzazione dove vuole, con l'unica condizione che esista una presa di rete.

Comunque, esiste un'altra possibilità per la distribuzione di segnali sonori senza necessità di centralizzare gli stadi di potenza. Dato che i livelli di segnale delle sorgenti sono molto bassi, e le impedenze degli apparecchi che li producono di valore medio o alto, si può, mediante l'aggiunta del corrispondente adattatore, elevare il livello ed abbassare nello stesso tempo l'impedenza che presenta per la linea di distribuzione, con il che si ovvia agli inconvenienti del metodo.

In questo modo si conseguono vari obiettivi: ottenere che la portata sia molto maggiore potendo disporre di più segnale; che questo sia meno influenzato da rumori parassiti, non solo per il suo livello (più elevato), ma per l'impedenza di lavoro (più bassa); infine, come conseguenza dei precedenti, diminuire il costo dell'installazione, dato che non sarà necessario l'uso di cavo schermato, ma si potrà adoperare cavo parallelo normale o cavo ad un solo polo. L'unico inconveniente è costituito dalla necessità di una installazione dedicata, poichè non si possono utilizzare i cavi di rete.

Perchè questo metodo sia efficace, si deve elevare il livello del segnale fino a 2 o 3 V (in modo che sia poco influenzato dai segnali parassiti), e si deve ottenere un'impedenza di uscita dell'apparecchio adattatore minore possibile (al di sotto di 5 o 10 Ω). Questa soluzione è anche adatta a scopi particolari, come la distribuzione audio nelle camere di un hotel, con risultati eccellenti.

Accentramento della potenza

L'altro tipo di distribuzione è opposto a quello trattato precedentemente. Si tratta di accentrare tutti i segnali provenienti dalle diverse sorgenti, ed elaborarli con un apparecchio che elevi la loro energia fino al livello desiderato, per effettuare poi la distribuzione propriamente detta.

Poichè in questo caso si ottengono segnali di livello elevato, non è più prevalente la preoccupazione di proteggere gli stessi dai segnali parassiti e dalle interferenze, per cui, quando per la loro distribuzione si utilizzano cavi, si possono ignorare tutti quelli schermati usando esclusivamente cavi paralleli. Inoltre, in queste condizioni non è possibile usare l'impianto di rete per effettuare la distribuzione.

Si possono anche scartare i metodi che utilizzano, per il trasferimento del segnale, le onde radio, gli infrarossi e gli ultrasuoni, poichè gli apparecchi che producono tali onde portanti lavorano solitamente con livelli bassi di segnale (così come sono forniti dalle sorgenti). Non che non si possano utilizzare in queste condizioni, ma necessitano di un alto livello di potenza della

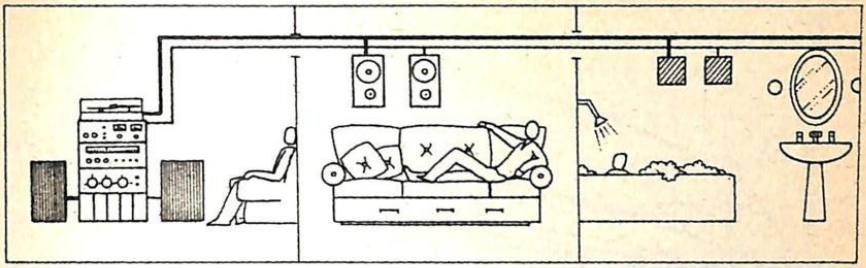


Fig. 13.-L'accentramento della potenza è il modo più semplice di sonorizzare l'appartamento dell'appassionato. L'installazione si può fare con cavo parallelo.

portante per poter lavorare.

L'unico metodo di distribuzione senza cavi che si può utilizzare, con rendimento elevato e proficuo nel caso dell'accentramento di potenza, è quello ad induzione che, come si vedrà più avanti, richiede alti livelli di energia perchè possa dare risultati soddisfacenti.

Questo metodo è particolarmente utile quando si richiede una grande mobilità del soggetto ricevente del suono, e presenta il vantaggio di essere senza fili. In cambio ha lo svantaggio di richiedere un avvolgimento a cui devono essere inviati i segnali audio, e di lavorare con un solo canale. Quando questi fattori non sono rilevanti, la soluzione è effettivamente buona.

Tornando ai metodi filati, è già stato detto che il cavo da usare è preferibilmente di tipo parallelo, soprattutto, a parità di rendimento, per ragioni economiche. Questo è il metodo più semplice che si possa utilizzare e che dà meno complicazioni quando la lunghezza del cavo è elevata. Pertanto, a parte l'inconveniente dell'installazione, è il metodo più consigliabile per l'amatore che già dispone di una catena audio completa, compreso l'amplificatore di potenza.

Dato che l'impedenza di uscita degli amplificatori di potenza è molto bassa (quasi sempre inferiore a 1 Ω), e che lo è anche quella degli altoparlanti a cui è destinato il segale audio (abitualmente tra 4 e 8 Ω), la circolazione di un'elevata potenza sonora attraverso il cavo di distribuzione implicherà il passaggio di elevate correnti elettriche.

In effetti, la corrente che circola in un cavo che collega l'uscita di un amplificatore da 30 W efficaci con un altoparlante da 8 Ω, è di circa 2 A, mentre quella di uno da 100 W efficaci su 4 Ω raggiunge 5 A. Queste elevate correnti produrranno perdite nei cavi di collegamento proporzionali alla lunghezza,

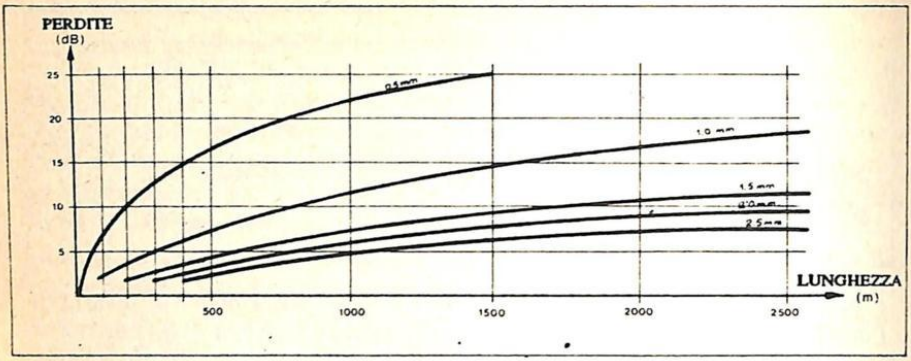


Fig. 14.-Grafico in cui si vedono le perdite che si producono quando si collega un altoparlante da 8 Ω mediante cavo di vari diametri e lunghezze. Utilizzando cavo parallelo la lunghezza del filo sarà doppia di quella del cavo usato.

per cui il metodo è conveniente solo per piccole distanze tra l'amplificatore di potenza e l'altoparlante o cassa acustica.

Distribuzione con tensioni elevate

Nella distribuzione dei segnali acustici provenienti dallo stadio di potenza di un amplificatore all'interno del proprio appartamento, non esistono normalmente perdite eccessive, poichè o le distanze sono corte, o si può usare cavo parallelo di sezione sufficiente.

Nelle installazioni di megafonia sia interne (ad esempio un capannone industriale) che esterne (ad esempio uno stadio), le distanze da coprire sono grandi (si superano facilmente alcune centinaia di metri) e la potenza da distribuire elevata.

In questo tipo di installazioni normalmente interessa per questioni economiche accentrare gli stadi di potenza, per cui il problema delle perdite in linea diventa importante.

Fortunatamente la tecnica ha una soluzione per tutto o quasi. Si deve pensare che ciò che si deve distribuire è una certa *potenza* elettrica a svariati punti (diffusori sonori) che, nella grande maggioranza dei casi, hanno bassa impedenza. Come già si sa, la potenza elettrica può essere definita come il prodotto della tensione applicata all'altoparlante per la corrente che vi circola.

Se la causa principale da cui derivano le elevate perdite in una linea di

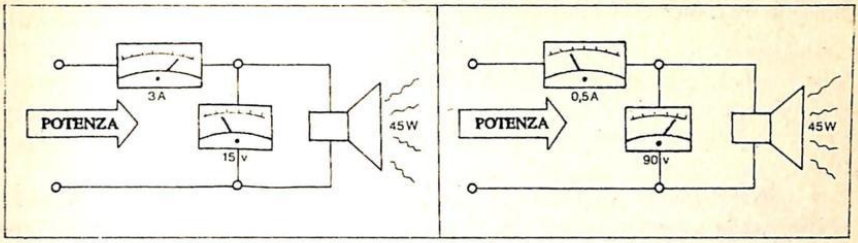


Fig. 15.-La potenza irradiata da un altoparlante è funzione della corrente che vi circola e della tensione applicata ai suoi capi. Si possono variare entrambi i parametri senza che vari la potenza irradiata.

distribuzione è un'eccessiva circolazione di corrente, abbassando questo valore a cifre ragionevoli si diminuiranno le perdite nella linea o si potrà costruirla più lunga a parità di perdite.

Se la potenza deve essere mantenuta ad un dato valore (fissato da parametri non correlati con la distribuzione in se stessa), diminuendo la corrente si dovrà aumentare proporzionalmente la tensione fornita.

L'insieme di entrambe le variazioni mantiene la potenza al valore dato, ma implica l'aumento dell'impedenza elettrica presentata dagli altoparlanti, che necessariamente deve essere adattata, se si desidera che la soluzione porti ad un risultato.

Dagli esempi pratici successivi, si possono valutare i valori ottenibili in

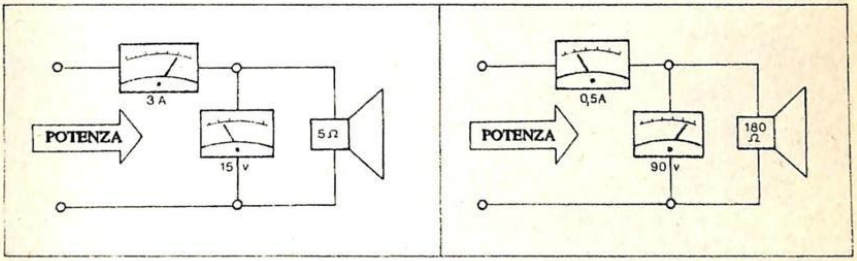


Fig. 16.-L'impedenza elettrica che deve presentare un altoparlante, per una determinata potenza, varia con i valori della corrente e della tensione applicata.

un sistema.

Un amplificatore che fornisce 50 W efficaci a un complesso di altoparlanti da 4 Ω, fornirebbe una corrente di 3,5 A con una tensione di 14 V:

$$\text{Potenza: } P = I \cdot V = 3{,}5\ A \cdot 14\ V = 49\ W$$

$$\text{Impedenza: } Z = V/I = 14\ V/3{,}5\ A = 4\ \Omega$$

Se si aumenta la tensione fornita dallo stadio di potenza a 70 V, si potrà abbassare la corrente fino a 0,7 A, a parità di potenza, ma occorrerà che il complesso di altoparlanti sia da 100 Ω di impedenza:

$$P = 70\ V \cdot 0{,}7\ A = 49\ W$$

$$Z = 70\ V/0{,}7\ A = 100\ \Omega$$

Le perdite si ridurranno di un *96%* o si potrà utilizzare una linea *25 volte* più lunga della precedente, a parità di perdite nei due casi.

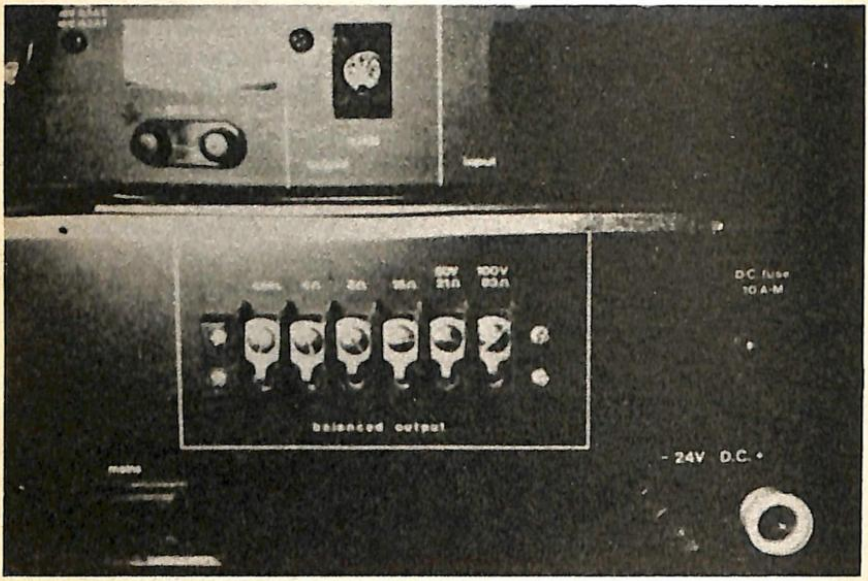


Fig. 17.-Gli amplificatori per sonorizzazioni e/o megafonia possiedono di solito prese adatte per impedenza costante e/o per tensione costante.

Gli amplificatori di potenza utilizzati in megafonia e distribuzione sonora comprendono solitamente varie uscite, per poterli adattare alle necessità di ciascuna installazione.

Così, è normale che abbiano uscite a bassa impedenza (per 4 e 8 Ω), come tutti gli amplificatori, e uscite dette di *linea*. Queste ultime forniscono una tensione audio il cui valore è unificato a 100 e 70,7 V, a cui si collegherà un altoparlante o più altoparlanti di impedenza adeguata.

Si devono prendere alcune precauzioni nell'uso di questo tipo di uscite. Mentre per le uscite ad impedenza fissa (4 o 8 Ω) l'unica cosa di cui tener conto è di non collegare altoparlanti con impedenza minore di quella dell'uscita corrispondente, con quelle di linea si deve eseguire un piccolo calcolo se non si vuole che l'amplificatore fornisca una potenza superiore alla massima, che potrebbe portare al suo deterioramento.

Il caso pratico esposto illustra meglio il procedimento da seguire.

Supposto di dover collegare all'uscita a 70,7 V di un amplificatore da 50 W efficaci una serie di altoparlanti, si può calcolare la corrente massima che è in grado di fornire a tale uscita di linea, cioè:

$$I = P/V = 50\ W/70{,}7\ V = 0{,}7\ A$$

Conoscendo la corrente massima si può ottenere l'impedenza minima, ossia:

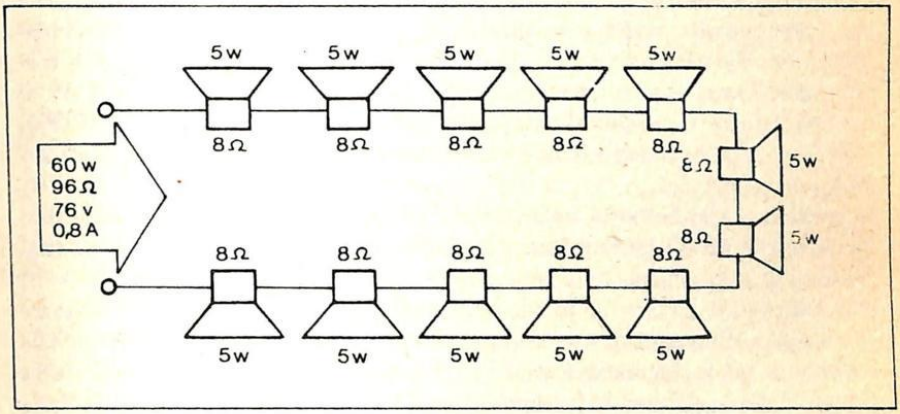


Fig. 18.-Il collegamento di altoparlanti in serie presenta l'inconveniente che l'installazione smette di funzionare quando anche uno solo di essi si danneggia.

$$Z = V/I = 70{,}7\ V/0{,}7\ A = 100\ \Omega$$

Si potrà così collegare un altoparlante o un complesso di altoparlanti che presenti un'impedenza maggiore di 100 Ω.

I riproduttori usati in megafonia sono solitamente del tipo a tromba. La loro impedenza non differisce normalmente da quella degli altoparlanti normali, cioè 4, 8 o 16 Ω. Come ottenere allora i 100 Ω minimi richiesti per l'amplificatore dell'esempio precedente?

Una soluzione potrebbe essere quella di unire varie unità collegate *in serie*. Come si sa l'impedenza del complesso sarà uguale alla *somma* delle impedenze di ciascuno di essi. Così si metteranno tante trombe quante sono necessarie, fino a raggiungere il valore di impedenza minima. Questo tipo di collegamento ha due inconvenienti.

Il primo è che sono necessarie un numero elevato di trombe per ottenere il valore minimo. Così, se ogni tromba fosse da 4 Ω, servirebbero 25 unità, valore che può essere eccessivo per lo scopo dell'impianto.

Il secondo inconveniente che presenta il collegamento in serie è che la corrente audio fornita dall'amplificatore circola per tutti gli altoparlanti. Se uno qualsiasi dei 25 si danneggiasse, per la rottura della bobina mobile dell'avvolgimento, tutto l'impianto smetterebbe di funzionare, poichè la corrente cesserebbe di circolare in tutte le trombe.

Uso di trasformatori

Per evitare questi due inconvenienti ogni tromba viene dotata di un *trasformatore*. Come è noto a tutti, questo tipo di componente è in grado di *trasformare* impedenze essendo provvisto di adeguati avvolgimenti. Così il complesso tromba-trasformatore può presentare un'impedenza di 100, 500, 1.000 o 2.000 Ω, o qualsiasi altro valore richiesto, basta solo dotarlo degli avvolgimenti adeguati.

Normalmente i trasformatori incorporati nelle trombe hanno varie prese, in modo che si possa ottenere l'impedenza necessaria semplicemente eseguendo il collegamento sulla presa adatta.

Risolto in tal modo il problema, il collegamento più adatto è *il parallelo*, in cui ciascun altoparlante (complesso trasformatore-tromba, in questo caso) funziona indipendentemente dagli altri, senza perturbazioni di tutta l'installazione se uno di essi si danneggia. Nel collegamento in parallelo, l'impedenza risultante del complesso dei riproduttori è uguale a quella di uno di essi (supponendo che tutti abbiano lo stesso valore) divisa per il numero di riproduttori utilizzati. Così se ciascuno presenta un'impedenza di 1.000 Ω, e ce

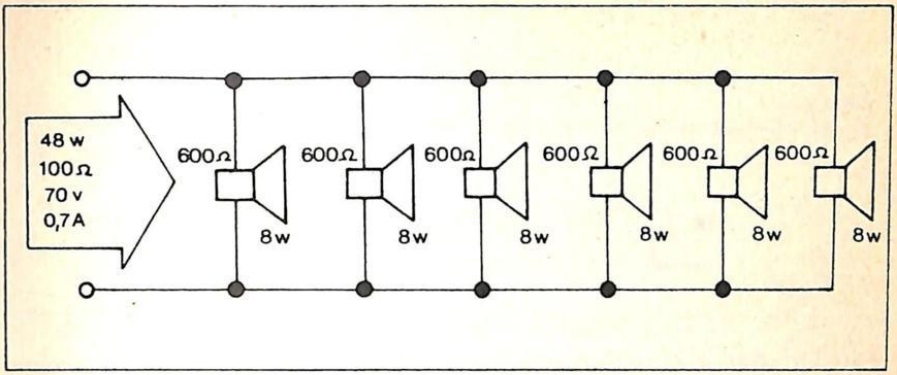


Fig. 19.-Nel collegamento in parallelo ciascun altoparlante funziona indipendentemente dagli altri, permettendo che questi continuino a irradiare energia sonora se uno si danneggia.

ne sono 20, il complesso presenterà un'impedenza di 50 Ω (1.000 Ω:20 = 50 Ω).

Pertanto, il problema si riduce a scegliere il valore di impedenza adeguata per ciascun complesso trasformatore-tromba, in funzione del numero di riproduttori utilizzato.

Per l'esempio proposto in precedenza, se servono 5 trombe il collegamento si eseguirebbe in parallelo e sulla presa da 500 Ω (500 Ω:5 = 100 Ω); se quelli necessari fossero 10 si eseguirebbe il collegamento sulla presa da 1.000 Ω (1.000 Ω:10 = 100 Ω).

Si deve tener conto che sia nel collegamento in serie, che in quello parallelo, supposto che tutti i riproduttori abbiano la stessa impedenza, la potenza fornita dall'amplificatore si suddivide ugualmente tra tutti, per cui il loro numero non si può aumentare troppo, poichè la potenza irradiata da ciascuno potrebbe diventare troppo piccola. In questo caso occorrerebbe aumentare la potenza fornita dall'amplificatore o usarne un altro che alimenti un'altra catena indipendente di trombe.

Un'altra utile possibilità, consentita dall'uso delle uscite di linea dell'amplificatore, è di poter scegliere a volontà la potenza che si desidera venga irradiata da ciascuna tromba collegata alla linea, tenendo conto che la potenza totale emessa non deve superare quella fornita dall'amplificatore. Questo si ottiene collegando la linea a tensione costante alla presa adatta del trasformatore di accoppiamento incorporato nella tromba.

In effetti, si supponga di volere che una tromba irradi 5 W efficaci quan-

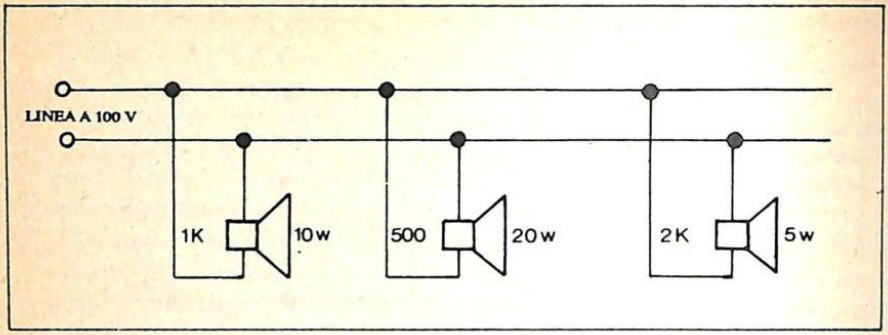


Fig. 20.-Sull'uscita di linea di un amplificatore (tensione costante) si possono applicare riproduttori con impedenze diverse, in base alla potenza che si desidera irradiare con ciascuno. E' importante che la potenza totale irradiata non superi la massima che l'amplificatore è in grado di fornire, altrimenti quest'ultimo potrebbe deteriorarsi.

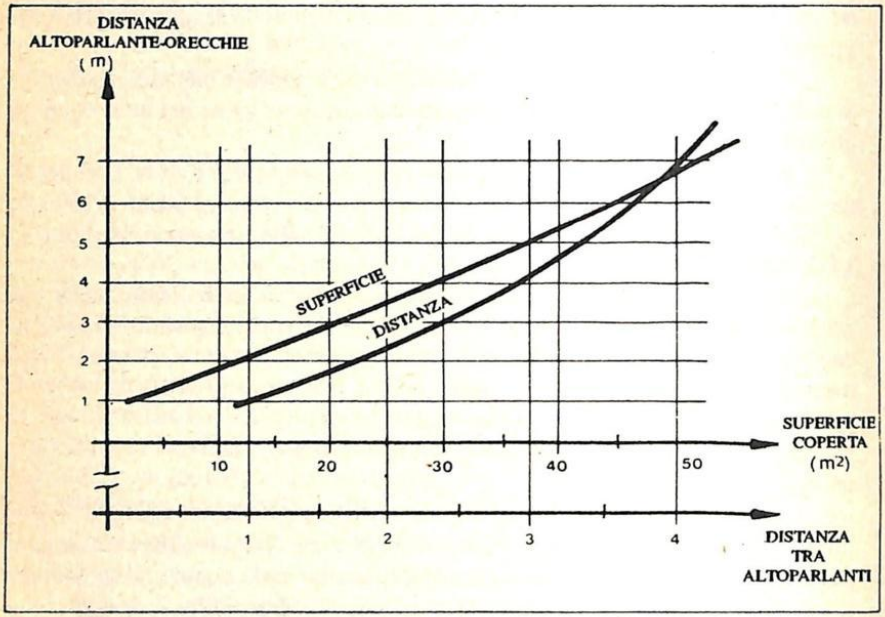


Fig. 21.-Il grafico fornisce la superficie coperta da un altoparlante e la distanza tra altoparlanti in funzione della distanza tra l'altoparlante (posto sul soffitto) e le orecchie delle persone che ascoltano il suono da questi irradiato.

do è collegata alla linea di 70,7 V. Collegando la presa di 1.000 Ω, irradierà una potenza di:

$$P = V^2/Z = 70{,}7^2/1.000 = 5 \text{ W}$$

Se si sceglie una linea a 100 V e si vuole che la tromba irradi 20 W efficaci, si deve eseguire il collegamento sulla presa da 500 Ω

$$P = V^2/Z = 100^2/500 = 20 \text{ W}$$

Come eseguire il calcolo della potenza necessaria per una sonorizzazione

Non è molto difficile verificare quale potenza debba irradiare ciascuno dei *punti sonori* di una installazione. In primo luogo si deve scegliere l'altoparlante o cassa acustica da installare. Fatto questo si potrà conoscere quale è la sua *sensibilità* (si ricorda che questo parametro dà il livello di pressione acustica, SPL, misurato in decibel a un metro di distanza dall'altoparlante quando a questo si fornisce la potenza di 1 W).

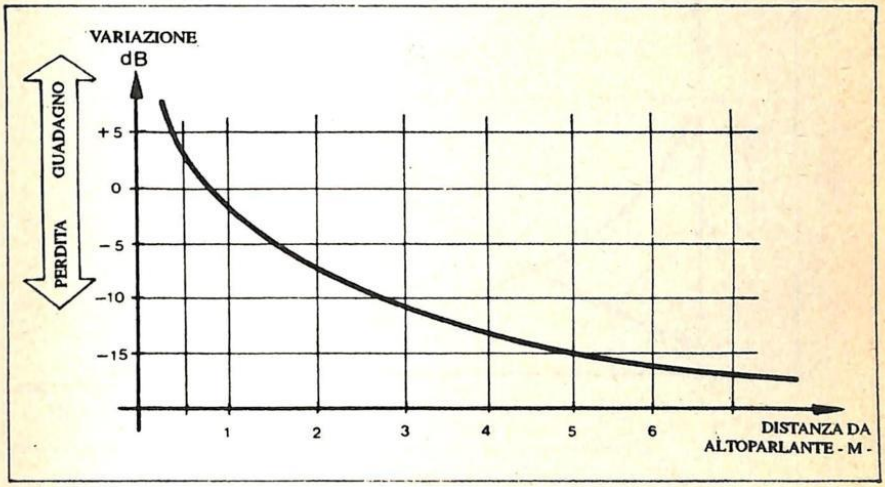


Fig. 22.-Variazione della sensibilità di un altoparlante o cassa (dB SPL), quando si mette a distanze successive di 1 m.

Supposto che sia uno di tipo medio con sensibilità di 85 dB, si verifica l'altezza del soffitto (ad esempio 3,5 m), e se le persone che usufruiscono dell'ambientazione sonora si trovano sedute o in piedi, poichè le distanze tra l'altoparlante e le orecchie saranno diverse nei due casi. Quando si trovano in piedi, la distanza dell'orecchio dal suolo risulta di solito compresa tra 1,5 e 1,7 m, mentre se rimangono sedute tale distanza varia da 1 a 1,2 m. Supposto, per l'esempio considerato, che debbano rimanere in piedi (altezza 1,5 m), la distanza tra altoparlante e orecchio sarà al minimo di 2 m. Per altezze del soffitto maggiori si può non tener conto della posizione delle persone.

Mediante il grafico di Fig. 22, si può calcolare la perdita di livello sonoro che avviene per l'allontanamento tra sorgente e ricevitore, che in questo caso (2 m) è di circa 6 dB; pertanto la pressione acustica fornita dall'altoparlante sulla sua verticale sarà ridotta a 79 dB (85-6 = 79 dB).

Nel raggio di azione dell'altoparlante si può considerare una perdita addizionale di 4 dB, dovuta ad un maggior allontanamento fisico e alla perdita di direzionalità dell'altoparlante, così la pressione sonora rimane di 75 dB (79-4 = 75 dB), ottenuta fornendo una potenza elettrica di 1 W all'altoparlante.

Si deve ora determinare il livello medio di rumore ambientale che esiste

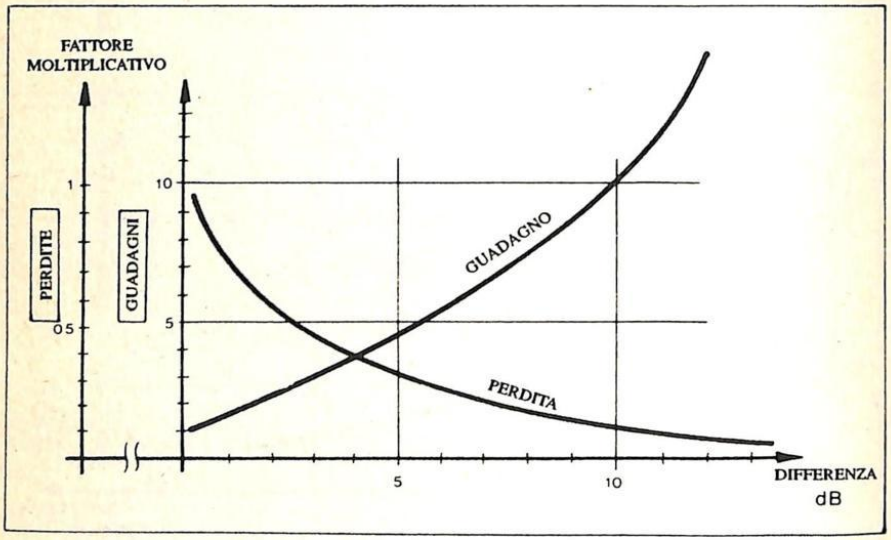


Fig. 23.-Il grafico fornisce la potenza da irradiare mediante un altoparlante o cassa, in funzione della perdita o del guadagno che occorre ottenere rispetto alla potenza unificata di 1 W.

nel locale da sonorizzare. Tali valori di livello sonoro sono già determinati per alcuni ambienti tipici. Supposto che si tratti di un'officina abbastanza rumorosa (livello di rumore 60 dB), e che il livello medio di irradiamento sia almeno di 6 dB al di sopra del rumore ambientale, occorreranno 66 o 67 dB.

Siccome il livello ottenuto con 1 W nell'altoparlante è di 75 dB, si devono perdere circa 8 dB per arrivare ai 67 dB che servono. Questi decibel si *perdono* fornendo all'altoparlante una potenza elettrica inferiore a 1 W (se fosse necessario *guadagnare* decibel, si dovrebbe aumentare la potenza fornita all'altoparlante), il cui valore si può ottenere consultando il grafico di Fig. 23, che fornisce circa 0,17 W.

Con ciò si è stabilito quale potenza elettrica deve essere fornita a *ciascun* altoparlante.

Se l'installazione è stata effettuata accentrando la potenza, si dovrà moltiplicare 0,17 W per il numero di altoparlanti. Se la potenza è decentrata, ciascun punto dovrà irradiare 0,17 W. Si deve tener conto che questi sono livelli *medi*, per cui è sempre conveniente disporre di una maggior quantità di potenza, quale riserva in casi di necessità.

CAPITOLO 6

METODI DI DISTRIBUZIONE DEL SUONO SENZA FILO

I collegamenti tra apparecchi con l'ausilio di mezzi fisici presentano indubbiamente svariati vantaggi, ragion per cui sono usati con tanta frequenza. Hanno tuttavia l'inconveniente di aver bisogno della presenza fisica del cavo che, molte volte, rappresenta un ostacolo.

Si possono citare casi lampanti: l'invio di segnali a un veicolo in movimento (sia un'automobile, un'imbarcazione, un aereo o un veicolo spaziale) ed altri quotidiani; l'appassionato che desidera avere libertà di movimento per entrare ed uscire da una camera all'altra e nello stesso tempo ascoltare la propria musica favorita; tenere una rappresentazione teatrale senza dipendere dal filo del microfono che si aggancia dappertutto.

Il vantaggio di una comunicazione senza fili non sta solo nel *dove*, ma anche nel *come*. E' evidente che un'installazione a base di cavi nel proprio alloggio, negozio, o corsia di laboratorio che si voglia sonorizzare ha i suoi inconvenienti, quando viene eseguita *su* quanto è già stato costruito; motivi di carattere estetico possono sconsigliare di effettuare l'installazione. Quale miglior soluzione di un metodo senza fili?

Stabilita la convenienza che possono avere questi metodi, occorre vedere quali soluzioni sono possibili.

La prima a cui si pensa, senza alcun dubbio, è l'uso di onde radio. Il possesso di un sintonizzatore, di un ricevitore a transistori, un radioregistratore, o qualche apparecchio simile, è talmente abituale oggigiorno che sembra la soluzione idonea al problema proposto.

Effettivamente è una buona soluzione pratica. Occorre solo disporre di un trasmettitore a cui fornire i segnali audio da distribuire, e questo si incaricherà di diffonderli nell'area di azione prevista. Si disporranno i ricevitori ne-

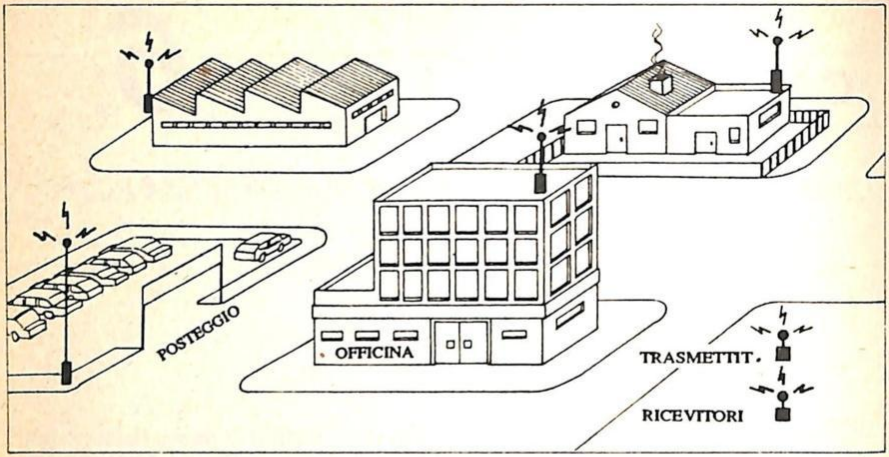


Fig. 1.-La distribuzione audio senza fili è molto utile quando non si può tendere una rete di cavi, e rende possibile la sonorizzazione di un'area relativamente grande a partire da uno stesso punto.

cessari che captino il segnale del trasmettitore, e il problema è risolto.

Per questi usi è normale (e conveniente) utilizzare trasmettitori in modulazione di frequenza, che presentano molti vantaggi. Se si vogliono inviare segnali stereofonici, si possono usare adeguati codificatori multiplex, o usare due emissioni diverse, una per canale, metodo che è applicabile anche nel caso siano più di due i segnali da diffondere.

La portata dei trasmettitori dovrà essere quella strettamente necessaria per gli scopi proposti, altrimenti si potrebbero disturbare i vicini. Pertanto la potenza da utilizzare deve essere limitata.

Questa è una soluzione non sempre valida, poichè la legislazione di alcuni Stati non consente l'uso di onde radio a scopi privati, o la consente in modo circoscritto e previo ottenimento dei permessi e delle licenze necessarie. Questa è una misura che può sembrare ingiusta, ma si pensi a cosa succederebbe se ognuno costruisse il proprio trasmettitore e diffondesse i suoi segnali nello spazio.

Le emissioni radio hanno inoltre i loro svantaggi. Dato che la loro portata può essere controllata solo fino ad un certo punto, potrebbe capitare che venga montata un'installazione completa (naturalmente investendo in essa una certa quantità di denaro), e che altri possano ricevere la trasmissione con un certo livello di qualità, e utilizzarla per i propri scopi; in questo modo *qualcu-*

no beneficierebbe di tale investimento senza corrispettivo.

Questo è un paradosso che può lasciare indifferenti, dato che lo scopo fondamentale (l'invio di un segnale per la sonorizzazione) è raggiunto. Tuttavia è evidente che se qualche volta occorre inviare un messaggio o avviso che non deve essere noto esternamente all'installazione (per motivi personali, commerciali, professionali, ecc.), il sistema non permette la dovuta *discrezione*, cioè si perde in segretezza, qualità che è invece presente nella trasmissione privata di un segnale attraverso cavi.

Questo problema non è insolubile, poichè esistono emettitori che irradiano programmi codificati in modo tale da poter essere riconosciuti solo da ricevitori adeguatamente predisposti. Questo però esula dall'obiettivo che ci siamo prefissati, per cui non si entra in maggiori dettagli. E' sufficiente sapere che esiste un metodo di trasmissione via radio, e conoscerne le possibilità e limitazioni.

Altri metodi senza fili

Con le onde radio non si esauriscono le possibilità di una trasmissione senza fili. Si ricorda che le onde radio funzionano soltanto come *trasporto* dell'informazione che si desidera inviare.

Ogni trasmissione radio necessita di un'onda portante. La frequenza di tale portante determina la banda in cui funziona il collegamento. Le frequenze delle portanti radio (che non hanno nulla a che vedere con i segnali da trasportare) sono comprese tra 3 kHz (tremila cicli al secondo) e 300 GHz (trecentomila milioni di cicli al secondo).

Comunque si possono usare portanti di frequenza superiore. Queste portanti cadono già nella banda corrispondente ai *raggi infrarossi* che presentano le stesse proprietà e risultati delle onde radio; la differenza sta solo in una questione di nomenclatura delle bande.

I raggi infrarossi sono oggi impiegati molto spesso, in particolare per la costruzione di comandi a distanza, sistemi di sicurezza, ecc. La loro utilizzazione in tali campi deriva dall'impossibilità di essere distinti dall'occhio o dall'udito (come per le onde radio).

Attualmente esistono sistemi di trasmissione delle informazioni (di comunicazione) con questo tipo di onde, a cavallo tra la luce visibile e le onde radio, benchè siano solo in fase sperimentale. E' tuttavia certo che presto potranno essere disponibili al pubblico sistemi di questo tipo.

Un altro sistema di trasporto delle informazioni audio è costituito dalle *onde ultrasoniche* o *ultrasuoni*. Queste onde sono della stessa natura di quelle sonore, ma la loro frequenza è superiore ai 30 kHz e pertanto non possono

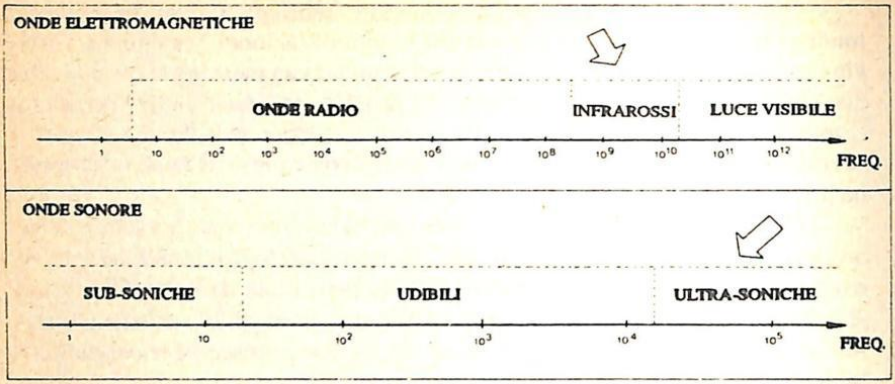


Fig. 2.-I raggi infrarossi si trovano tra le onde radio e la luce visibile, e differiscono da queste solo per la frequenza e non per la natura. La stessa cosa avviene per gli ultrasuoni che sono onde acustiche (di natura diversa dalle precedenti) con frequenza superiore a 30 kHz.

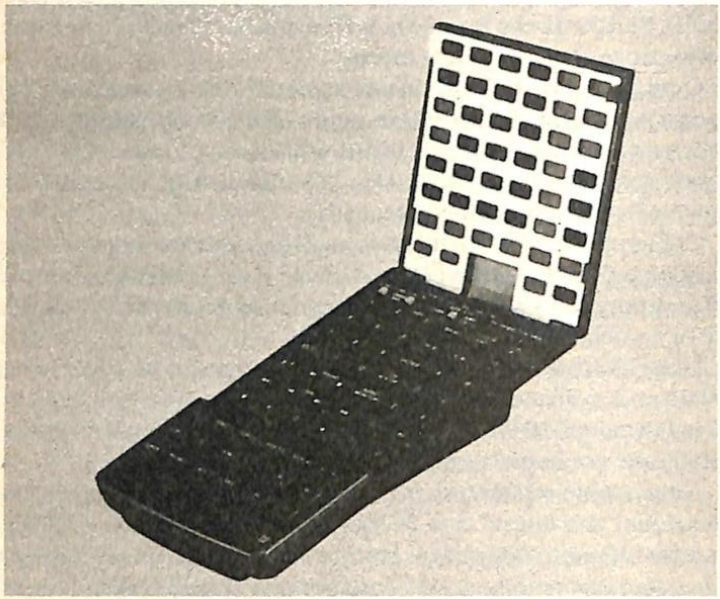


Fig. 3.-Sia gli infrarossi che gli ultrasuoni hanno attualmente un grande campo di impiego nei comandi a distanza, sistemi di sicurezza, ecc., benchè si possano applicare con ugual successo come portanti di onde sonore.

essere percepite dall'udito umano.

Può sembrare un paradosso usare un suono (non udibile, ma suono in tutto e per tutto) per trasportare un altro suono; tuttavia è perfettamente possibile dal punto di vista tecnico. Gli ultrasuoni si usano attualmente in impieghi simili a quelli dei raggi infrarossi, benchè non presentino possibilità ampie come questi. Tuttavia è completamente possibile la loro utilizzazione come onde portanti per le informazioni che, nel caso in esame, sono della loro stessa natura.

Infine si ricorda un ultimo metodo di collegamento senza fili, basato sugli stessi principi secondo cui funziona il trasformatore.

Come è già stato detto in altre occasioni, un trasformatore è costituito da almeno due avvolgimenti, o bobine di filo conduttore, avvolte su di un nucleo comune.

Quando attraverso un avvolgimento (il primario) si fa passare una corrente elettrica, nel nucleo si crea un campo magnetico. Se la corrente è variabile, il campo presenterà le stesse variazioni. Queste variazioni del campo magnetico inducono a loro volta una corrente elettrica nel secondo avvolgimento (il secondario), corrente che si può far circolare in un circuito esterno al trasformatore. In questo modo si può ottenere un trasferimento di energia da un avvolgimento all'altro *senza che esista contatto fisico* tra gli stessi.

E' proprio su questa caratteristica che è basato il metodo descritto, e che si può definire ad *induzione*.

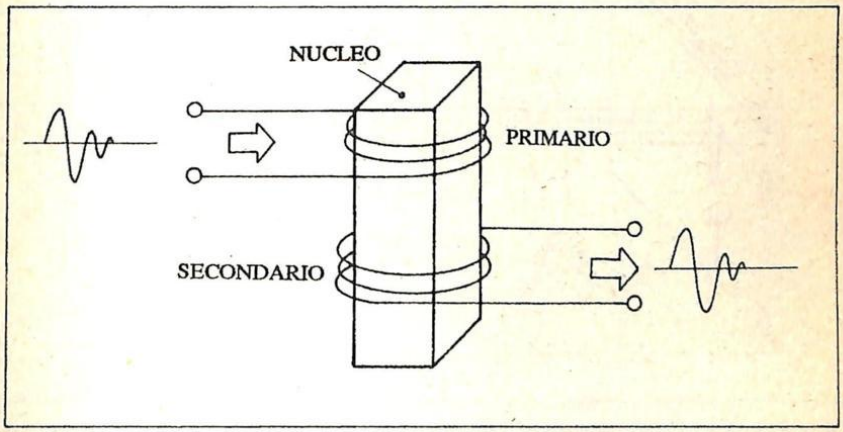


Fig. 4.-Un trasformatore è capace di trasferire energia da un avvolgimento a un altro senza contatto fisico tra loro.

Per poter utilizzare questo metodo, occorre avere due avvolgimenti di filo. Su uno di essi si invierà il segnale audio da diffondere, ottenendo sull'altro lo stesso segnale.

L'avvolgimento *trasmettitore* (al quale si fornisce il segnale audio) si costruisce di grandi dimensioni, paragonabile ad un filo arrotolato sulle pareti di una stanza, di un locale commerciale o di una sala per conferenze. Questo costituisce il primario del trasformatore. Il secondario, o avvolgimento *ricevitore*, si incorpora nell'apparecchio a cui è destinato il segnale audio. Quando l'avvolgimento secondario si muove o si trova nel campo di azione del primario, riceve per induzione l'energia irradiata da questo e, in seguito, la trasforma in suono.

Questo mezzo di collegamento senza fili è molto utilizzato nelle grandi sale per conferenze, poichè permette a coloro che assistono di muoversi liberamente in esse e partecipare a ciò che vi si svolge. Può anche essere molto utile in una abitazione, quando si vuole la ricezione di *un* solo canale audio (ad esempio che l'audio TV possa essere ricevuto nella stanza desiderata, con piena mobilità per chi ascolta).

Più avanti si vedrà in che modo si può aumentare il numero dei canali trasmessi-ricevuti.

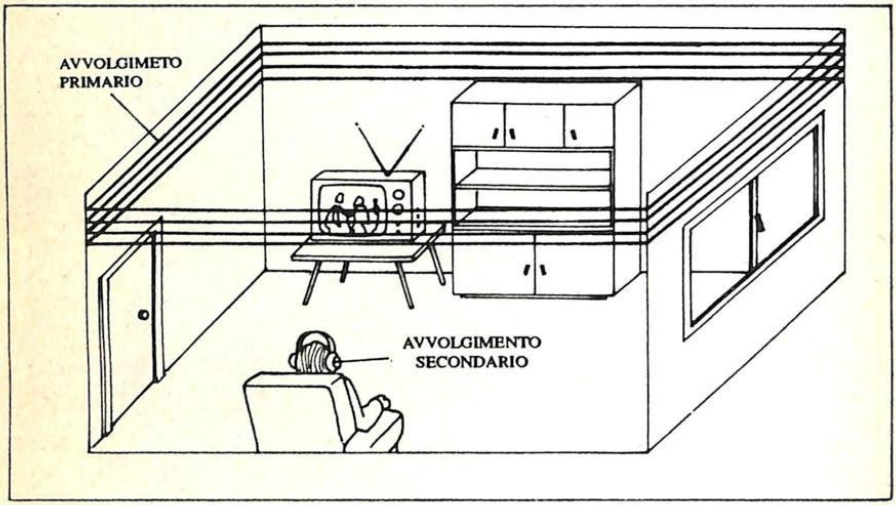


Fig. 5.-Il metodo a induzione si basa su principi simili a quelli di un trasformatore, esistendo un avvolgimento primario e un altro secondario tra i quali si trasferisce l'energia delle onde sonore.

I metodi misti

Un vantaggio importantissimo che presenta la comunicazione con onde radio, è che si possono effettuare molti collegamenti simultaneamente con lo stesso mezzo (in tal caso lo spazio); lo svantaggio è che non è possibile mantenere segrete le comunicazioni. Al contrario, una comunicazione via cavo è completamente privata, ma necessita di tanti cavi quanti sono i canali o i collegamenti simultanei che si devono eseguire.

Allora nasce l'idea. Perchè non utilizzare una comunicazione radio attraverso un cavo? Così si possono combinare i vantaggi dell'uso di *un* solo mezzo trasmettitore per varie comunicazioni simultanee, e della segretezza del collegamento. E' possibile? Naturalmente lo è, benchè richieda tecniche appropriate.

Quando le reti telefoniche iniziarono a crescere, nacque un problema pratico importante: quello di cosa sarebbe successo moltiplicando i fili di comunicazione (un paio di fili per ogni telefono). Oggi, viene diffusamente utilizzato questo tipo di collegamento in circuiti con molto traffico, in modo che attraverso uno stesso cavo si possano effettuare centinaia di comunicazioni. Anche i cavi sottomarini che uniscono continenti, le isole con la terraferma sfruttano questo metodo.

I nostri obiettivi sono molto più modesti, dato che si desidera soltanto diffondere uno o più programmi sonori nella propria casa o in qualche locale un po' più grande, ma sempre di dimensioni ridotte.

Il modo pratico di realizzare un sistema di questo tipo consiste nel di-

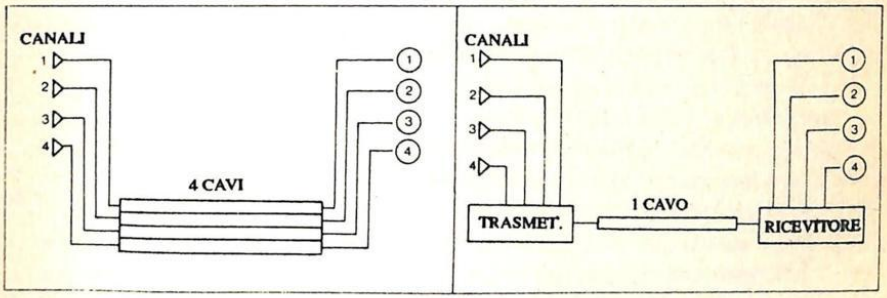


Fig. 6.-Il principale inconveniente della comunicazione via cavo, è che sono necessari tanti conduttori quanti sono i canali da trasmettere. Tuttavia utilizzando segnali radio via cavo si possono trasmettere simultaneamente quanti canali si vuole.

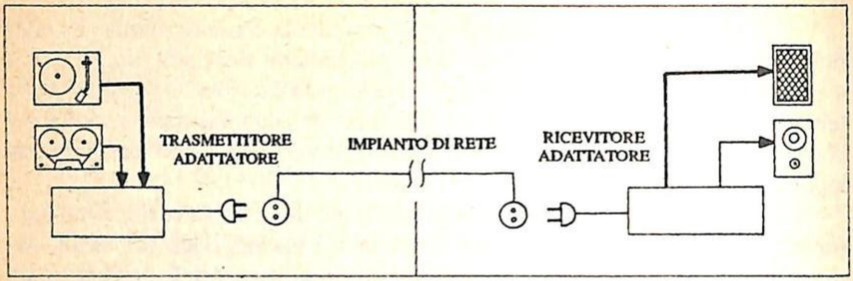


Fig. 7.-Impiegando la trasmissione di segnali radio attaverso i fili di rete, si possono inviare quanti canali si desidera e separarli poi dalla parte ricevente con l'ausilio di circuiti appositi.

sporre di tanti piccoli emettitori quanti sono i canali indipendenti che si desiderano. Ciascun emettitore funzionerà con una frequenza portante diversa, caratteristica che permetterà in seguito la loro separazione. Il segnale risultante dalla miscelazione di tutte queste verrà inviato al cavo corrispondente.

In questo caso occorre fare una distinzione importante. Se il numero dei canali simultanei da trasmettere è piccolo (fino a 5 o 6), l'ampiezza di banda occupata dal segnale risultante non sarà molto grande, e si potrà così usare qualsiasi tipo di cavo per il collegamento fisico. Se il numero dei canali è elevato (al di sopra di 15 o 20), occorreranno cavi progettati appositamente per questo scopo, come quello detto coassiale.

Il *cavo coassiale* presenta una costruzione fisica molto simile a quella dello schermato (conduttore centrale, isolante, calza e rivestimento), benchè sia di qualità superiore (per evitare perdite di segnale), e di maggior precisione meccanica, per cui è possibile determinare con esattezza l'impedenza elettrica che presenta (fattore importante per la frequenza dei segnali con i quali si deve lavorare). Siccome, nella grande maggioranza dei casi che si presentano all'appassionato, si tratterà in pratica di usare un piccolo numero di canali, non ci si addentra maggiormente su quest'ultimo argomento.

E' stato detto che si può utilizzare qualsiasi tipo di cavo, con risultati simili. In queste condizioni il più economico è evidentemente il cavo parallelo.

Nel caso che la possibilità di interferenze fosse elevata, si potrebbe pensare di utilizzare un semplice cavo schermato.

Per questo tipo di collegamento si può utilizzare una rete speciale (un solo cavo) per cui, in determinati casi, si potrebbero incontrare nuovamente problemi di tipo pratico (estetica, non convenienza, ecc.).

Queste situazioni si possono allora risolvere in un altro modo, impiegan-

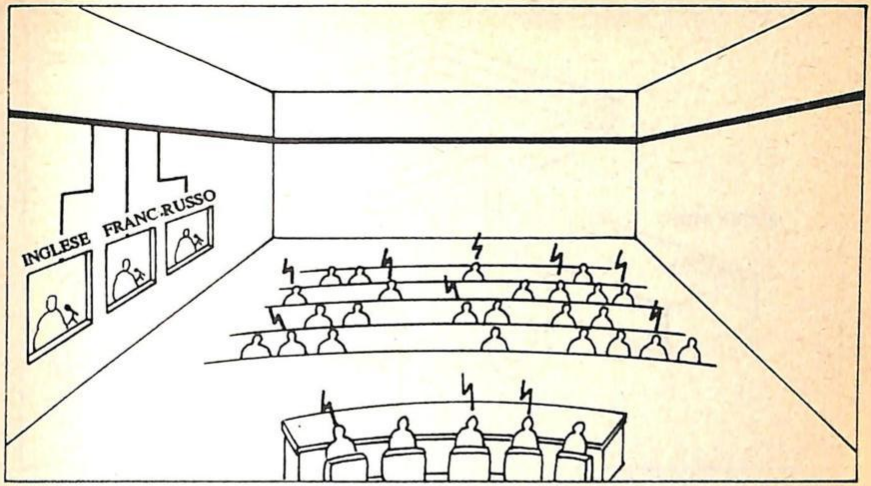


Fig. 8.-Con il metodo a induzione applicato ai segnali radio si può ottenere la copertura di una grande sala con vari canali funzionanti simultaneamente.

do cioè la stessa rete di distribuzione dell'energia elettrica per inviare i segnali radio. Effettivamente, dato che questa distribuzione è normalmente effettuata con cavo parallelo (o similare), i segnali non avranno alcun problema di trasferimento.

In questo modo inoltre, si potrà disporre di tante uscite del segnale quante sono le prese dell'installazione, e si avrà il vantaggio addizionale di avere l'uscita del segnale negli stessi punti in cui si preleva l'energia di rete per il funzionamento degli apparecchi.

Come è logico si dovranno osservare le precauzioni adeguate, per impedire che la tensione di rete (abitualmente 220 V) possa danneggiare i circuiti dell'apparecchio emettitore, il che si ottiene con un'adeguata progettazione.

Non esiste alcun problema per cui non possano coesistere, nello stesso cavo, la tensione di rete ed il segnale iniettato in essa per stabilire la comunicazione. Dalla parte del ricevitore l'apparecchio adeguato si incarica di separare il segnale *utile* da tutti gli altri, per cui non si creano problemi insolubili.

Esistono altri tipi di collegamenti misti. Uno di questi, che assume ogni giorno sempre più importanza, è quello che utilizza come supporto le *fibre ottiche* per la trasmissione di segnali luminosi, sia dello spettro visibile che dei raggi infrarossi (invisibili per l'occhio umano). In questi sistemi, la luce o radiazione infrarossa si utilizza come portante dell'informazione che si desidera trasmettere, per cui il sistema è, fondamentalmente, identico a quello

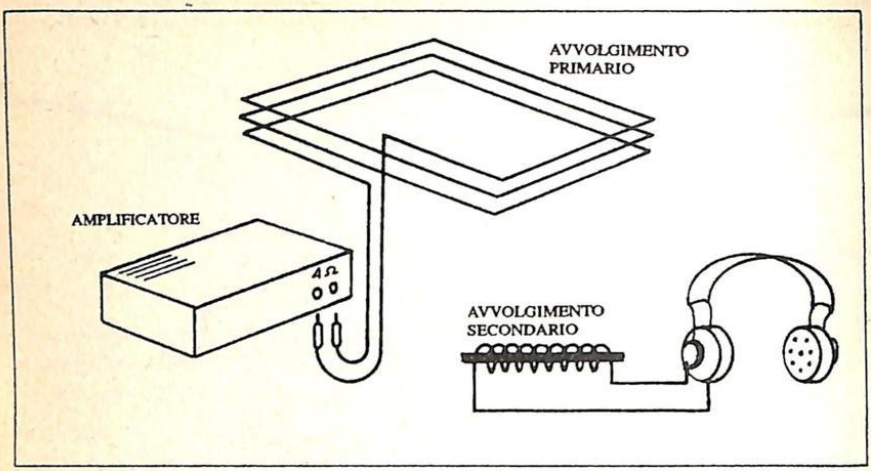


Fig. 9.-Esempio di trasferimento del suono per induzione. L'avvolgimento primario è costituito da almeno 200 m di filo da 1 mm di diametro avvolto attorno alla camera o camere che si vogliono sonorizzare. Le estremità dell'avvolgimento si collegheranno all'uscita a 4 Ω di un amplificatore audio da 5 o 10 W efficaci (monofonico). L'avvolgimento secondario si può eseguire su un nucleo di ferrite, arrotolando almeno 1.000 spire di filo sottile (0,1 mm). Le estremità di questo avvolgimento si collegheranno a degli auricolari, preferibilmente ad alta impedenza (600 Ω o più).

precedentemente esposto.

Questo tipo di comunicazione è ancora in fase sperimentale, come altre applicazioni dello spettro infrarosso già dette, ma senza dubbio arriveranno molto presto sul mercato apparecchi che utilizzeranno questi metodi di comunicazione, e di cui si potrà usufruire per la distribuzione dei programmi sonori.

Infine, rimane da commentare un altro tipo di collegamento misto che è già stato accennato prima. Consiste nel metodo a induzione, che sfrutta però segnali radio invece che audio. Questo non è propriamente un metodo che si possa includere tra le *trasmissioni* radio, ma un accoppiamento di avvolgimenti.

Occorre utilizzare, come nei casi precedenti, un circuito generatore di segnali radio per ciascun canale da trasmettere. La miscelazione di tutti questi segnali viene inviata all'avvolgimento primario. Nell'avvolgimento secon-

dario si raccoglierà l'insieme di tutti i segnali miscelati, ma, poichè per ogni canale si usa una frequenza portante diversa, sarà facile separarle come se si trattasse di un ricevitore radio.

RIASSUNTO DEI MEZZI DA UTILIZZARE			
MEZZI	*TIPI*	*VANTAGGI*	*INCONVENIENTI*
Con fili	Cavetto	Basso costo	Richiede impianto
	Parallelo	Basso costo e comodità	Richiede impianto
	Schermato	Non capta parassiti	Prezzo medio
	Simmetrico	Non capta ronzii	Prezzo elevato
	Schermato-parallelo	Evita diafonia	Prezzo elevato
Senza fili	Radio	Senza cavi	Non dà segretezza
	Infrarossi	Senza cavi	Portata ottica
	Ultrasuoni	Senza cavi	Portata bassa
	Induzione	Senza cavi	Un solo canale
Misti	Radio+parallelo	Molti canali con un solo cavo	Richiede impianto
	Radio+coassiale	Grande numero di canali	Richiede impianto
	Inf.so+F. ottiche	Sperimentale	Non disponibile
	Radio+induzione	Vari canali senza impianto	Bassa portata

CAPITOLO 7

METODI DI MISURA IN BASSA FREQUENZA

Esistono misure in elettronica, per effettuare le quali occorre far funzionare l'apparecchio in prova in certe condizioni. Ad esempio, per misurare la potenza di uscita di un amplificatore audio, occorre collegare, in uscita, un'impedenza di carico di valore adeguato. Per misurare la sensibilità di un sintonizzatore radio, occorre farlo con un carico sulla sua antenna, uguale a quello che avrà durante il funzionamento. Qualcuno si domanderà perchè non si colleghi all'uscita dell'amplificatore un altoparlante, e all'ingresso del sintonizzatore un'antenna.

Con queste soluzioni (perchè evidentemente lo sono) si va quasi sempre incontro a qualche inconveniente. Se l'amplificatore audio ha una potenza di uscita di 0,05 W efficaci, non esiste il minimo problema nel collegare come carico un altoparlante.

Molto diverso sarà il caso in cui la potenza di uscita sia di 100 W efficaci, perchè non solo occorrerebbe un complesso speciale di altoparlanti capaci di irradiare tale potenza con continuità, ma i vicini porrebbero seri inconvenienti alla effettuazione *a vivo* di tali prove.

Per ovviare a questi problemi, si ricorre all'utilizzazione di quello che si dice *carico simulato, fittizio, o artificiale*, che non è altro che un componente, un circuito o apparecchio che funziona elettricamente nello stesso modo in cui lo farebbe un carico reale.

Altoparlanti

Uno dei carichi fittizi più utilizzati è quello che sostituisce un altoparlante o cassa acustica.

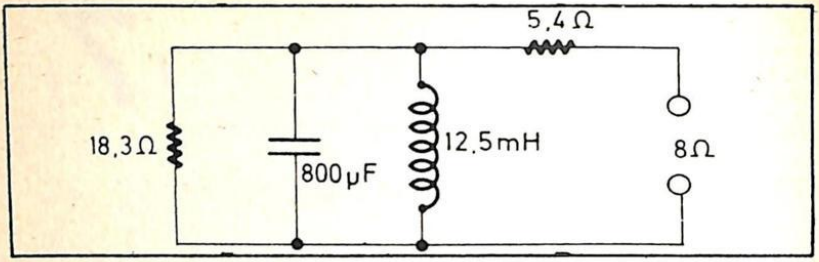


Fig. 1.-Carico artificiale reattivo che simula un altoparlante effettivo per la zona bassa delle frequenze audio.

Come si sa, la potenza di uscita di un amplificatore è sempre fornita su un carico di 4 o 8 Ω, che è l'impedenza *più bassa* presentata da un altoparlante, che la mantiene in tutto il campo di frequenze che deve riprodurre.

Nella maggioranza dei casi il carico fittizio può essere costituito da una semplice resistenza pura di valore adatto. L'unico problema che si presenta è che tale componente deve dissipare una potenza elettrica uguale a quella efficace di uscita dell'amplificatore sotto prova, per cui deve essere adeguatamente e generosamente dimensionata.

Quello che si fa di solito, è combinare un elevato numero di resistenze in serie e in parallelo, in modo che l'insieme presenti una resistenza equivalente uguale al valore che occorre. In questo modo ciascuno dei componenti dissiperà soltanto una frazione della potenza totale.

Quando le misure da effettuare si devono approssimare il più possibile a quelle che si troverebbero con un altoparlante reale, non è sufficiente collegare un carico puramente ohmico, ma è necessario utilizzare un circuito che impieghi componenti reattivi.

In figura è descritto un esempio che simula con sufficiente approssimazione il carico presentato da un altoparlante reale.

Box di prova

Per la realizzazione di alcune misure è necessario disporre di resistenze e/o condensatori di valore molto preciso (ad esempio 3.762 Ω). E' impensabile ottenere tale valore con una resistenza presa a caso, nè si trova selezionandone un numero elevato.

Un modo di ottenere valori di questo tipo potrebbe essere quello di usare potenziometri o resistenze regolabili, preferibilmente del tipo multigiri. Con

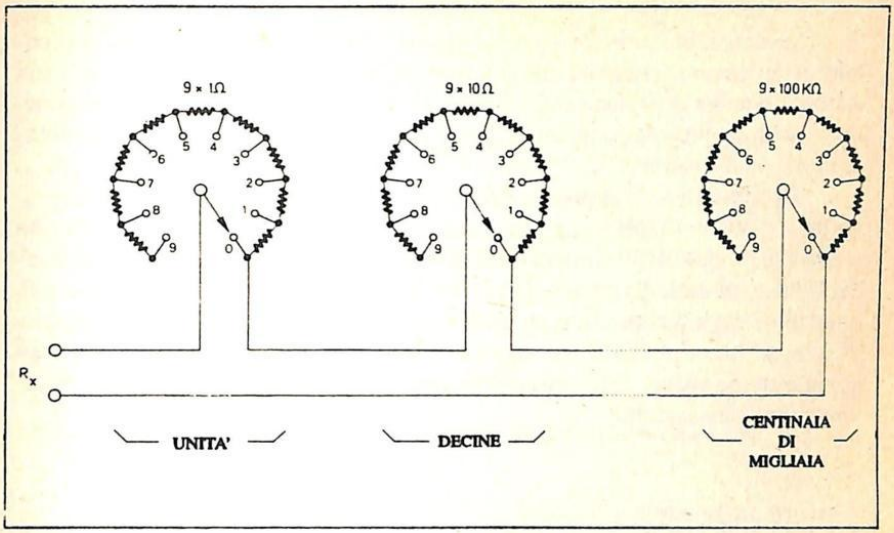


Fig. 2.-Box di prova di resistenze. Componenti utilizzati: 6 commutatori a 10 posizioni e 1 via, 9 resistenze con valori di 1Ω, 10Ω, 100Ω, 1 KΩ, 10 KΩ e 100 KΩ tutte da 0,5 W all'1%.

un ohmetro si potrebbe trovare il valore richiesto, anche se sarebbe necessario uno strumento ottimo per ottenere la precisione necessaria.

In pratica si ricorre normalmente ai *box di prova* di resistenze e/o condensatori. Tali box consistono in una serie di commutatori (generalmente rotativi) con i quali si seleziona un valore da zero a dieci, e si usano tanti commutatori quante sono le cifre richieste per ottenere il valore finale del componente necessario.

Si può costruire facilmente un box di prova di resistenze, come è mostrato nello schema della figura. Come si può notare, ciascun commutatore porta associate nove resistenze, dello stesso valore, collegate in modo che se ne possano disporre in serie tante quante sono quelle indicate dalle cifre del commutatore.

La precisione del complesso è proporzionale a quella di ciascuno dei componenti usati, e alla qualità dei commutatori, soprattutto di quelli che commutano i valori più bassi di resistenza. La corrente massima che può sopportare il complesso dipende da quella permessa dai valori resistivi più elevati. Con componenti da 0,5 W la corrente massima sarà di 2,2 mA.

Sensibilità

La sensibilità di ingresso di un apparecchio di bassa frequenza, è il valore della tensione alternata che occorre applicare allo stesso perchè alla sua uscita si ottenga la risposta nominale specificata; può trattarsi di una tensione, nel caso di un preamplificatore, o di una potenza, se si tratta dello stadio finale di un amplificatore.

La sensibilità di un preamplificatore ha un valore molto basso (compreso tra 1 e 300 mV), per cui per la sua misura occorrerà uno strumento molto sensibile. A meno di disporre di un millivoltmetro in alternata, la cosa più consigliabile è di usare un oscilloscopio. Inoltre sarà necessario un generatore di segnali di bassa frequenza e un misuratore della tensione di uscita ottenuta. Anche per quest'ultima si può usare un oscilloscopio e, nel caso fosse a doppia traccia, le misure delle tensioni di ingresso e uscita potranno essere effettuate simultaneamente.

Misure su preamplificatori

I collegamenti da effettuare sono visibili in figura 3. Il generatore di bassa frequenza si regola in modo da fornire in uscita un segnale di 1 kHz. La velocità di scansione dell'oscilloscopio si può scegliere di circa 2 msec/cm, in modo che si possano osservare due o più cicli completi del segnale.

Il comando di volume del preamplificatore si posizionerà al massimo; i controlli di tono saranno esclusi, posizionati centralmente, o nella posizione di risposta lineare. I filtri attenuatori, compensatori, e altri controlli simili verranno esclusi dal circuito. Il selettore di ingresso sarà posto nella posizione corrispondente al segnale da misurare. Se l'apparecchio è stereofonico, si regolerà in riproduzione normale e con il comando di bilanciamento in posizione centrale.

Si varierà l'ampiezza del segnale fornito dal generatore di bassa frequenza (con il comando presente sullo stesso), in modo che la tensione letta sullo schermo dell'oscilloscopio, corrispondente al canale 2, sia uguale a quella nominale di uscita del preamplificatore. A questo punto si leggerà sull'oscilloscopio la tensione corrispondente al canale 1; quest'ultima lettura rappresenterà la sensibilità dell'ingresso in prova.

Si ricorda che la tensione massima di un segnale sinusoidale è 1,4 volte la tensione efficace dello stesso. Le sensibilità sono sempre fornite in valore efficace. Occorrerà ripetere la stessa operazione per ogni canale (se l'apparecchio è stereofonico) e per ogni ingresso.

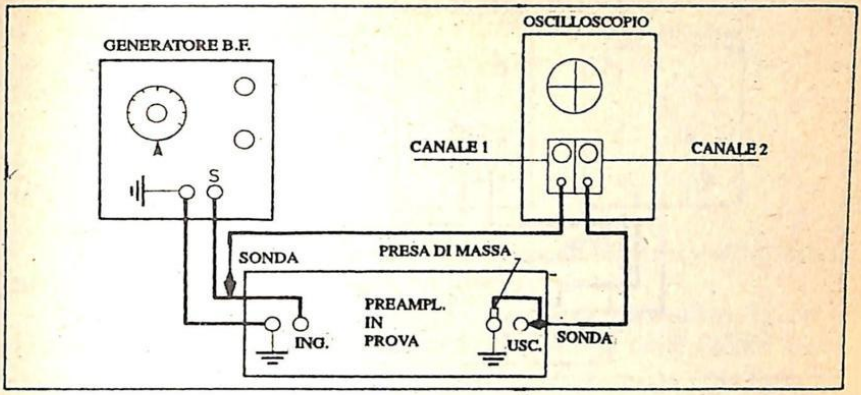


Fig. 3.-Misura della sensibilità di ingresso di un preamplificatore.

Stadi di potenza

Se si tratta di misurare la sensibilità di un amplificatore di potenza (o del complesso preamplificatore e amplificatore di potenza), lo schema deve essere quello di figura 4. Il carico fittizio deve avere la stessa impedenza del carico nominale dell'amplificatore (abitualmente 4 o 8 Ω), e deve poter dissipare una potenza uguale o superiore a quella massima efficace di uscita dell'amplificatore.

I comandi di volume, toni, filtri e bilanciamento devono essere disposti come nella prova sul preamplificatore. Il segnale del generatore si regola in modo che la tensione letta sull'oscilloscopio (canale 2) abbia un valore che si ottiene da:

$$V_{PP} = 2{,}8\sqrt{P_{EF} \cdot R_L}$$

equazione in cui P_{EF} è la potenza efficace massima nominale di uscita, R_L l'impedenza del carico su cui si ottiene tale potenza (e che deve essere uguale a quella del carico fittizio), e V_{PP} la tensione picco a picco che si deve ottenere sullo schermo.

Nel caso in cui non si conosca la potenza di uscita, si varia il segnale del generatore fino a che, nell'oscillogramma corrispondente al canale 2, iniziano a *tagliarsi* o *appiattirsi* le creste del segnale, sia le positive, le negative, o entrambe contemporaneamente. L'ampiezza si regolerà in modo da non ottene-

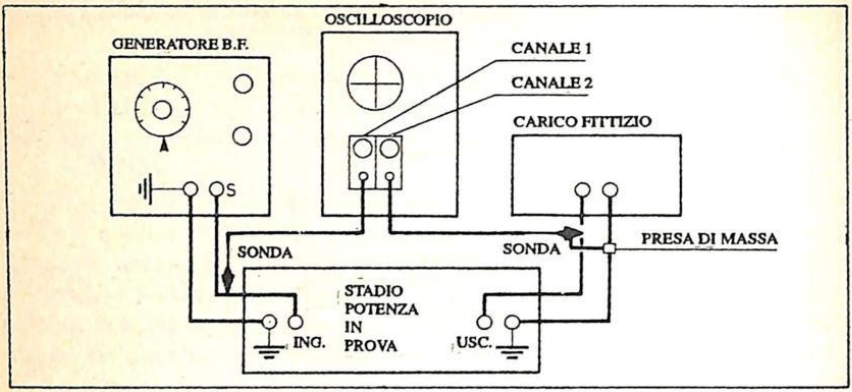


Fig. 4.-Misura della sensibilità di ingresso di uno stadio di potenza o di un amplificatore integrato.

re il *taglio*.

In qualsiasi dei due casi, la sensibilità di ingresso dell'apparecchio sarà quella letta sull'oscilloscopio in corrispondenza al canale 1. Se all'amplificatore di potenza si possono collegare due impedenze di carico diverse, si ripeterà la misura per ciascuna di esse. Se l'apparecchio è stereofonico, la misura deve essere effettuata con *entrambi i canali* (ognuno con il proprio carico fittizio), fornendo la massima potenza.

I collegamenti di ingresso devono sempre essere effettuati con cavo schermato, o con la sonda dal generatore di bassa frequenza; quelli di uscita verso il carico fittizio, con cavo parallelo o simile, ma di sezione adeguata alla potenza efficace.

Misure di impedenza

L'impedenza di un circuito si misura come rapporto tra la tensione applicata e l'intensità di corrente che vi circola, cioè:

$$Z = V/I$$

In generale, questo valore ha una componente resistiva ed un'altra reattiva, dovuta alla capacità e all'induttanza presenti. Tuttavia, per misure in bassa frequenza, la seconda componente è poco significativa rispetto alla prima,

per cui si parla abitualmente solo del valore resistivo.

Il valore dell'impedenza dipende anche dalla frequenza del segnale, benchè la variazione sia piccola nel caso di bassa frequenza. Salvo che sia diversamente specificato, il valore dell'impedenza si misura di solito ad una frequenza di 1 kHz.

Impedenze di ingresso

Per la loro misura, è necessario utilizzare un generatore di segnale, un oscilloscopio (a uno o due canali), e delle resistenze.

Il generatore di segnale si regolerà in modo che fornisca un segnale a 1 kHz, con un'ampiezza approssimativamente uguale alla sensibilità dell'ingresso in prova.

Il controllo di volume dell'apparecchio si posizionerà al minimo, e i controlli di tono, i filtri, l'equalizzazione, ecc., nella loro posizione centrale per risposta piatta, o esclusi. Il selettore di ingresso nella posizione corrispondente all'ingresso da misurare.

Se l'oscilloscopio dispone di due canali, il collegamento da effettuare è quello di figura 5.

La resistenza R deve essere di valore noto e con la maggior precisione possibile. Anche se il suo valore non è condizionante, si può usare una resistenza di 100 kΩ. L'impedenza di ingresso si otterrà da:

$$Z_i = R \cdot \frac{V_2}{V_1 - V_2}$$

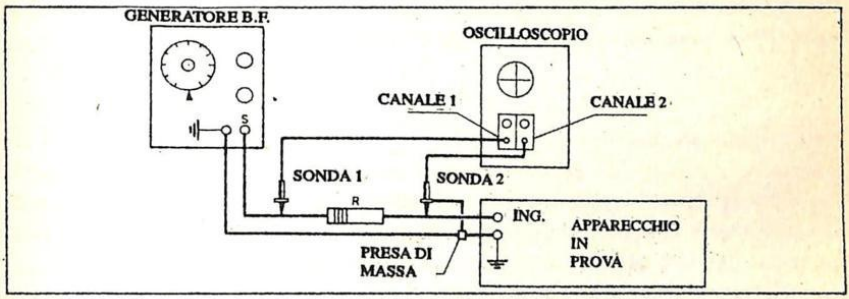


Fig. 5.-Misura dell' impedenza di ingresso con un oscilloscopio a doppia traccia.

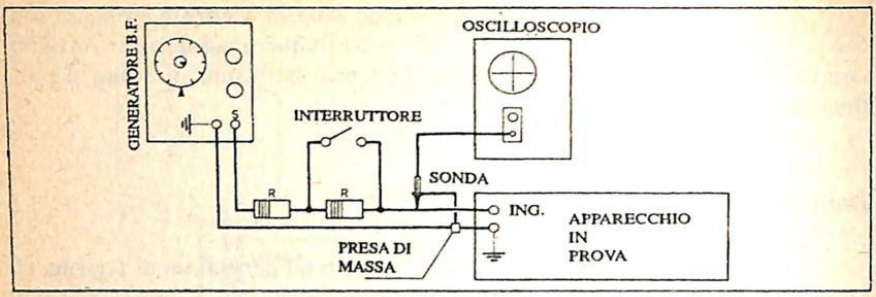


Fig. 6.-Misura dell'impedenza di ingresso con un oscilloscopio a singola traccia.

in cui V_1 e V_2 rappresentano le tensioni lette sui canali 1 e 2 dell'oscilloscopio. Non importa che tali valori siano efficaci o di picco, ma che *entrambi* siano misurati con la stessa unità. Se V_1 è di valore molto vicino a V_2, si sceglierà un valore di R dieci volte superiore a quello utilizzato.

Si può anche effettuare la misura con un oscilloscopio a una sola traccia (Fig. 6). Le due resistenze utilizzate devono essere dello stesso valore. L'impedenza di ingresso si otterrà da:

$$Z_i = R \cdot \frac{2\,V_{ap} - V_{ch}}{V_{ch} - V_{ap}}$$

in cui V_{ap} e V_{ch} sono le tensioni lette sull'oscilloscopio con l'interruttore aperto e chiuso, rispettivamente. Se entrambi i valori sono molto simili, si useranno resistenze con un valore dieci volte maggiore.

Impedenze di uscita

Per i preamplificatori, si effettuerà un collegamento per il quale sono necessari un generatore di bassa frequenza e un oscilloscopio a una sola traccia. Le resistenze R si sceglieranno da 1 kΩ, e di valore esattamente uguale.

Il controllo di volume si posizionerà al massimo, e tutti i correttori di frequenza (toni, filtri, ecc.) nella loro posizione centrale o esclusi. Si regola il generatore in modo che fornisca un segnale di 1 kHz, con un'ampiezza tale da

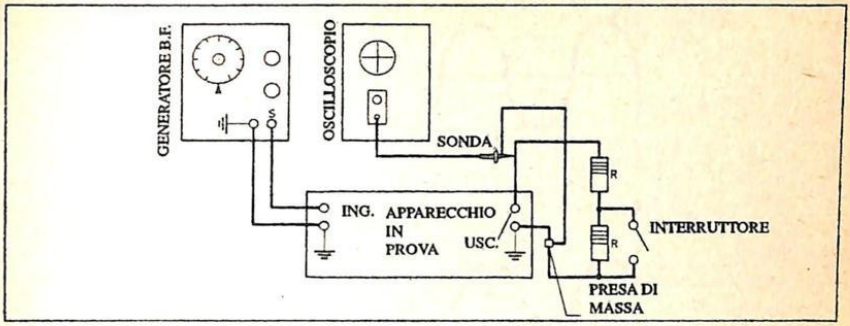


Fig. 7.-Misura dell'impedenza di uscita. Preamplificatori e stadi di potenza.

ottenere in uscita la tensione nominale del preamplificatore. Nel caso in cui tale dato non sia noto, si può regolare per 400 mV efficaci di uscita.

L'impedenza di uscita si ottiene da:

$$Z_u = R \cdot \frac{2(V_{ap} - V_{ch})}{2\,V_{ch} - V_{ap}}$$

in cui V_{ap} e V_{ch} sono le tensioni lette sull'oscilloscopio con l'interruttore aperto e chiuso, rispettivamente.

Per gli stadi di potenza vale lo stesso tipo di collegamento, anche se le resistenze da utilizzare saranno da 10 Ω, 2 W (entrambe uguali). Il generatore sarà regolato a 1 kHz, con un'ampiezza tale che all'uscita dello stadio di potenza si ottenga un segnale di 4 V efficaci *come massimo*. L'impedenza di uscita si calcola con la stessa espressione di prima.

Potenza

La potenza elettrica si misura in *watt* (W) e rappresenta l'energia che un circuito fornisce, riceve o dissipa in ogni secondo. La potenza si può calcolare come prodotto della tensione a cui è sottoposto il circuito per la corrente che lo attraversa.

Quando i valori di tensione e corrente sono costanti (corrente continua) anche la potenza lo è. Quando la tensione e/o la corrente sono variabili, lo è anche il loro prodotto (la potenza), per cui occorre definire le condizioni per

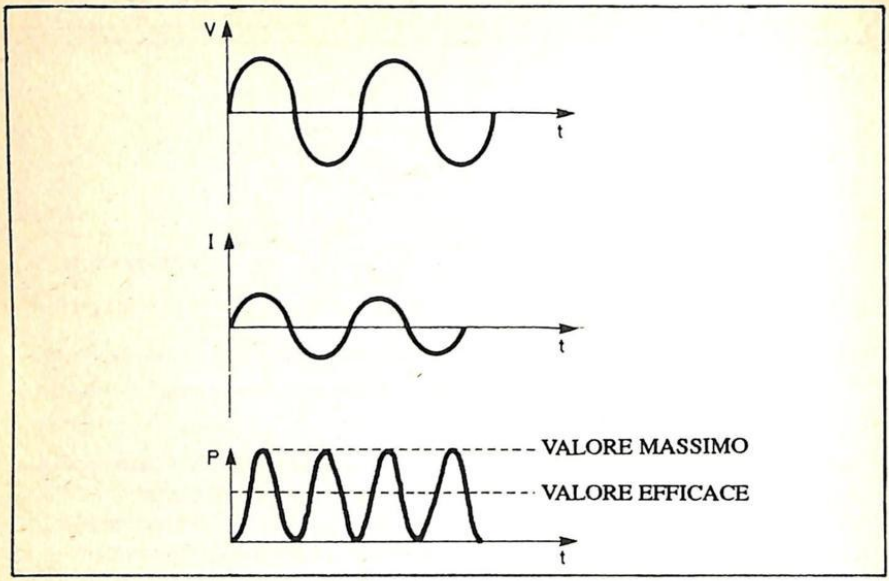


Fig. 8.-Potenza in alternata. Valori istantanei, massimo e efficace.

la sua misura.

Così la *potenza efficace* (o RMS, dai termini *root mean square*) si ottiene come prodotto dei valori efficaci della tensione e della corrente. La *potenza massima* è il valore massimo istantaneo della potenza; può essere ottenuta come prodotto dei valori massimi o di picco di tensione e corrente, e per un'onda sinusoidale il suo valore è il doppio dell'efficace.

In campo audio si usano termini come *potenza musicale, di picco, istantanea*, ed altri che non sono chiaramente definiti e che servono a definire la maggiore o minore facilità che un apparecchio ha di riprodurre passaggi sonori di grande intensità e breve durata.

Metodo di misura

Il sistema più semplice per la misura della potenza di uscita è costituito da un generatore di segnale, da un carico fittizio di valore uguale all'impedenza di uscita dell'amplificatore, e da un oscilloscopio; opzionalmente si può anche utilizzare un voltmetro in alternata (analogico o digitale). Nel caso si utilizzi quest'ultimo è molto importante assicurarsi che sia in grado di misu-

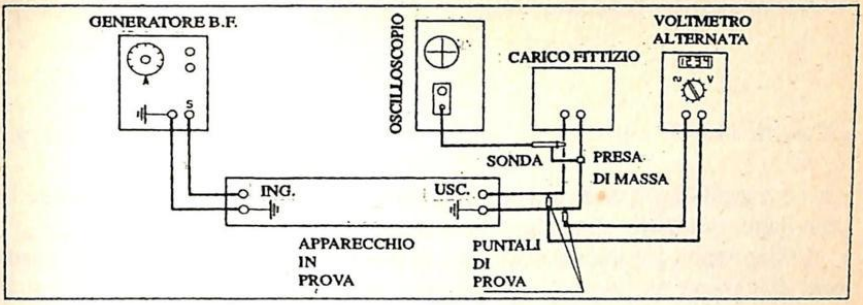


Fig. 9.-Misura della potenza di uscita.

rare tensioni con la frequenza del segnale audio utilizzato (in questo caso 1 kHz).

Il generatore di bassa frequenza sarà regolato per fornire un segnale di 1 kHz. I comandi di tono, i filtri e simili, eventualmente presenti nell'apparecchio in prova, saranno posti in posizione centrale o esclusi; il comando di volume (se esiste) sarà al massimo.

Il carico fittizio deve poter dissipare una potenza uguale o superiore a quella efficace dell'amplificatore in prova.

Si regola il livello di uscita del generatore, in modo che sullo schermo dell'oscilloscopio appaia una sinusoide della maggior ampiezza possibile. Si osserverà che, ad un certo momento, aumentando il livello del segnale fornito i picchi della sinusoide si deformano, si appiattiscono, o si tagliano (siano essi i positivi o i negativi o entrambi contemporaneamente).

La potenza massima di uscita si ottiene un istante prima che compaia questo fenomeno.

Questa potenza efficace è la massima che, in modo continuo, può essere fornita dall'amplificatore, ed il suo valore si ottiene da:

$$P_{EF} = \frac{V^2_{PP}}{8\,R_L}$$

$$P_{EF} = \frac{V^2_{EF}}{R_L}$$

in cui V_{PP} è la tensione picco a picco misurata sullo schermo dell'oscillosco-

pio (senza taglio), V_{EF} è la tensione efficace misurata dal voltmetro, e R_L la resistenza di carico utilizzata (del carico fittizio); P_{EF} è misurata in watt (efficaci).

Distorsione

La quantità di potenza che si può ottenere da un apparecchio dipende in gran parte dalla distorsione che si può accettare nella riproduzione.

Nei vecchi apparecchi a valvole, la potenza di uscita nominale si misurava solitamente quando la distorsione era niente meno che del 10%. Valori di distorsione di questo ordine non sarebbero accettati attualmente da nessun costruttore di apparecchiature audio. In rare occasioni si danno specifiche di potenza di uscita con valori superiori all'1% di distorsione, a meno che siano aparecchi per megafonia o simili.

Così, se si vuole effettuare una misura ragionevolmente buona della potenza di uscita di un apparecchio, questa deve essere necessariamente accompagnata dal valore della distorsione. Il metodo di misura descritto precedentemente non fornisce ovviamente la distorsione, ma la pratica insegna che, se non esiste deformazione apparente nel segnale visibile sull'oscilloscopio, il valore della distorsione si mantiene inferiore all'1%, benchè tale criterio sia molto soggettivo.

Nella figura 10 è mostrato il collegamento delle apparecchiature che permettono di valutare la distorsione di uscita. Il procedimento di misura è lo stesso di prima.

L'oscilloscopio si utilizza per misurare la tensione di uscita. Il filtro de-

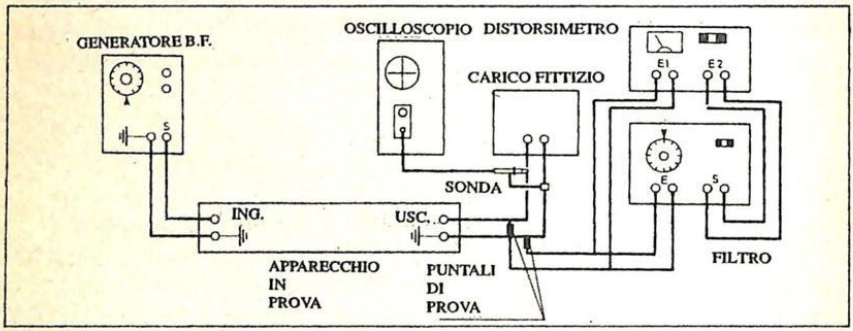


Fig. 10.-Misura della potenza di uscita e della distorsione associata.

ve essere sintonizzato esattamente alla stessa frequenza del generatore di segnale. La potenza di uscita si misurerà quando il distorsiometro indica la percentuale di deformazione che si considera accettabile.

Risposta in frequenza

La risposta in frequenza di un apparecchio audio fornisce un'idea della fedeltà con cui è in grado di riprodurre un passaggio sonoro. La *banda di risposta* è quella parte dello spettro di frequenza i cui segnali ricevono tutti la stessa amplificazione, con variazioni molto piccole.

La differenza di amplificazione che esiste tra alcuni segnali e altri in base alla loro frequenza, si esprime di solito in decibel rispetto ad una frequenza determinata (generalmente 1 kHz). Valori di ±3 dB equivalgono a variazioni di ±30% dell'amplificazione.

Un valore di ±0,5 dB presuppone un ±5%.

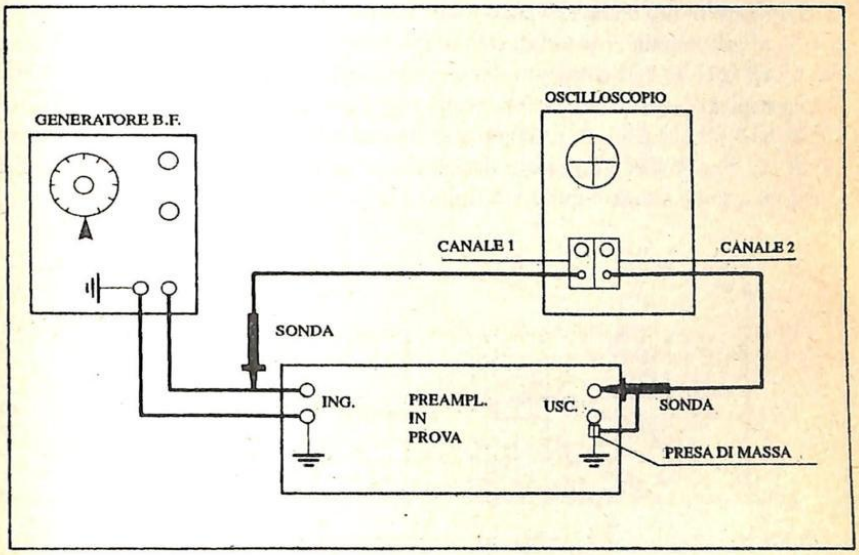


Fig. 11.-Misura della risposta in frequenza di un preamplificatore.

Ingressi

Di solito esistono due tipi di ingressi in un preamplificatore, quelli detti lineari (nastro, radio, ausiliare, microfono, fono ceramico) e un altro che incorpora una correzione di frequenza, e che si usa esclusivamente per testine fonografiche di tipo magnetico. Tale correzione deve essere inserita a causa del tipo di funzionamento della testina.

Per misurare la risposta di un preamplificatore da un ingresso lineare, si utilizza il collegamento indicato in figura 11. Il controllo di volume verrà posto al massimo, il selettore degli ingressi nella posizione corrispondente a quella della misura, i controlli di tono, i filtri, ecc., annullati.

Il generatore di bassa frequenza si regola per ottenere un segnale di 1 kHz, e il comando di ampiezza in modo che all'uscita del preamplificatore si ottenga una tensione uguale al valore nominale (o a 400 mV efficaci se non è noto). In seguito si agisce sul comando della frequenza del generatore di segnale, prima verso le basse frequenze poi verso le alte.

E' molto importante assicurarsi che l'ampiezza del segnale fornito dal generatore non vari con la frequenza. Questo fatto si può controllare osservando tale ampiezza sul canale 1 dell'oscilloscopio. Nel caso non fosse costante, si ritoccherà il comando di ampiezza del generatore per ottenere tale condizione. Si osserverà la variazione di ampiezza che subisce il segnale sul canale 2 dell'oscilloscopio. In generale tale variazione sarà molto piccola o nulla fino a frequenze molto basse (50 Hz o meno), o molto alte (15 kHz o più).

Si annoteranno i valori di frequenza nei quali si osserveranno variazioni di ±1 dB (±11%) dell'ampiezza del segnale di uscita rispetto a quella di 1 kHz. Se la risposta è molto buona si possono effettuare le annotazioni per variazioni di ±0,5 dB (±5,6%). Si possono anche annotare le frequenze per una caduta di -2, -3, e -6 dB. Con questi dati si può tracciare la curva di risposta, che avrà un aspetto simile a quello di figura 12.

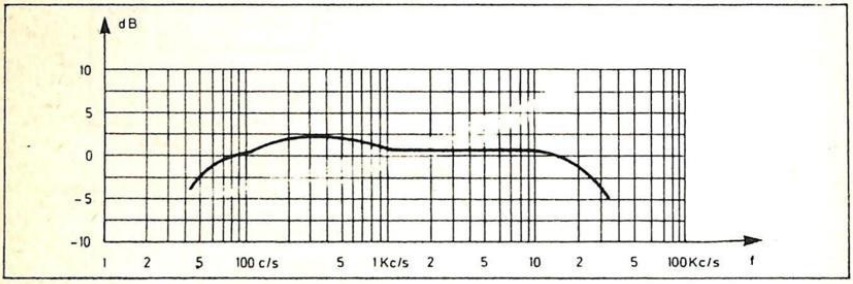


Fig. 12.-Curva di risposta tipica di un preamplificatore.

Testina magnetica

Praticamente, la totalità dei preamplificatori moderni ha un ingresso predisposto per ricevere segnali da una testina fonografica di tipo magnetico, ingresso la cui correzione in frequenza segue la curva RIAA, che è la curva di risposta *per la riproduzione* mostrata in figura 13.

Il collegamento per la misura della risposta di questo tipo è lo stesso del precedente, anche se il procedimento è un po' diverso. I comandi del preamplificatore si dispongono come prima, il generatore in modo che fornisca un segnale di 1 kHz e all'uscita del preamplificatore si ottenga una tensione uguale alla nominale. In seguito si regola il generatore perchè fornisca un segnale di 2 kHz. Conviene assicurarsi che la tensione data dal generatore sia della stessa ampiezza della precedente. Si osserverà una diminuzione della tensione di uscita del preamplificatore. Si annoterà tale valore, per poi convertirlo in percentuale rispetto al valore ottenuto a 1 kHz (che sarà quello di riferimento per tutte le misure).

Si ripete il procedimento per segnali di 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15 e 20 kHz, annotando i valori ottenuti, che si possono convertire in perdite in decibel con l'ausilio della tabella di figura 14.

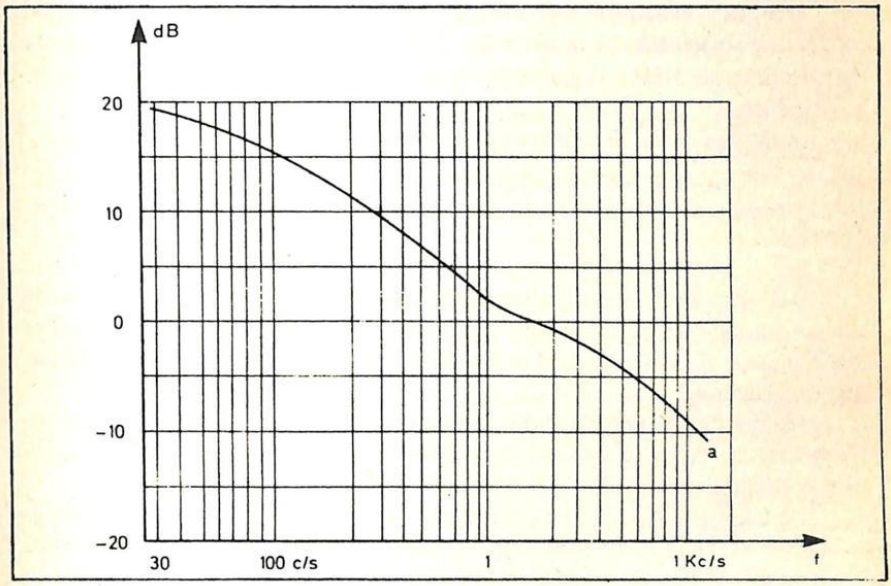


Fig. 13.-Curva di equalizzazione RIAA in ripoduzione.

$\frac{V}{V(1\ kHz)} \cdot 100$	dB	$\frac{V}{V(1\ kHz)} \cdot 100$	dB
100	0	100	0
94,4	-0,5	105,9	+0,5
89,1	-1	112,2	+1
79,4	-2	125,9	+2
70,8	-3	141,3	+3
63,1	-4	158,5	+4
50,1	-6	199,5	+6
39,8	-8	251,2	+8
31,6	-10	316,2	+10
17,8	-15	562,3	+15
10,0	-20	1000	+20
3,2	-30	3162	+30
1,0	-40	10000	+40
0,3	-50	31623	+50
0,1	-60	100000	+60

Fig. 14.-Tabella delle equivalenze percentuali-decibel per misure di tensione.

Si fa poi lo stesso con segnali di 800, 600, 400, 300, 200, 100, 70, 50, 30 e 20 Hz, e si osserverà che le ampiezze di uscita del preamplificatore saranno maggiori che per 1 kHz. Il guadagno in decibel si calcolerà ancora con la tabella indicata.

Variazioni di ±1 dB rispetto alla curva normalizzata sono accettabili.

Decibel

Il decibel è un'unità di misura di livelli relativi. Il suo valore si ottiene sempre tramite il rapporto tra due grandezze elettriche della stessa natura. Per questo, una misura in decibel si può sempre far corrispondere ad una percentuale e viceversa.

Mentre l'equivalenza decibel-percentuale è la stessa per grandezze come tensione, corrente, guadagno in tensione, ecc., quando la grandezza in gioco è la potenza elettrica la scala delle percentuali è diversa.

Questo fatto deriva dalla definizione matematica del decibel, ed è molto importante tenerne conto nel momento in cui si effettuano delle misure, poichè non facendolo si potrebbe errare nell'ordine di grandezza, quando si trasformano i valori. Perchè non esistano dubbi, nella tabella di figura 15, si

$\frac{P_{EF}}{P_{EF}(1\ kHz)} \cdot 100$	dB	$\frac{P_{EF}}{P_{EF}(1\ kHz)} \cdot 100$	dB
100	0	100	0
89,1	-0,5	112,2	+0,5
79,4	-1	125,9	+1
63,1	-2	158,5	+2
50,1	-3	199,5	+3
39,8	-4	251,2	+4
25,1	-6	398,1	+6
15,8	-8	631,0	+8
10,0	-10	1000	+10
3,2	-15	3162	+15
1,0	-20	10000	+20
0,1	-30	10000	+30

Fig. 15.-Tabella delle equivalenze percentuali-decibel per misure di potenza.

fornisce l'equivalenza percentuali-decibel, in perdita e guadagno, valida *solo* per potenze.

Risposta in potenza

Un componente elettronico che funziona in un circuito in cui le variazioni di tensione e corrente, dovute al segnale elaborato, sono piccole rispetto a quelle di polarizzazione dello stesso, si comporta in modo molto diverso da un altro nel quale tali variazioni sono grandi, come la tensione applicata o la corrente che vi circola.

Questo comportamento influenza in particolare la risposta in frequenza, che peggiora con molta evidenza per frequenze molto basse e molto alte. Per questo la risposta in frequenza di uno stadio di potenza deve *sempre* essere associata con il livello di potenza al quale si sono effettuate le misure.

Quando l'apparecchio incorpora preamplificatore e stadio di potenza in una sola unità (amplificatore integrato), si deve scegliere un ingresso lineare (nastro, radio, ausiliario).

Il carico fittizio deve avere impedenza uguale a quella nominale di carico dell'apparecchio, e deve poter dissipare una potenza uguale o superiore a quella efficace di uscita dell'amplificatore.

Si disporrà il controllo di volume al massimo, e tutti i correttori di frequenza in posizione tale da escluderli.

Dal generatore di segnali si preleverà una frequenza di 1 kHz con un'ampiezza tale che all'uscita dell'apparecchio si ottenga la massima potenza efficace nominale.

In seguito, si ruota il comando di frequenza del generatore verso valori maggiori e minori di 1 kHz, ricavando la potenza ottenuta per ciascuna frequenza da:

$$P_{EF} = \frac{V^2_{PP}}{8\ R_L}$$

in cui V_{PP} è la tensione picco a picco misurata con il canale 2 dell'oscilloscopio, e R_L la resistenza del carico fittizio. E' sufficiente annotare quelle frequenze a cui si osservano variazioni di 1 dB rispetto alla misura a 1 kHz, controllando che il segnale di ingesso si mantenga costante (canale 1 dell'oscilloscopio).

Sulla curva risultante, figura 17, è stata indicata l'*ampiezza di banda di potenza*, o gamma di frequenza, in cui non si ottengono differenze maggiori di 3 dB nella potenza di uscita.

Risposta in frequenza degli stadi di potenza

Con la stessa disposizione precedente (Fig. 16), e con il generatore di segnali nuovamente a 1 kHz, si riduce il livello del segnale per ottenere una po-

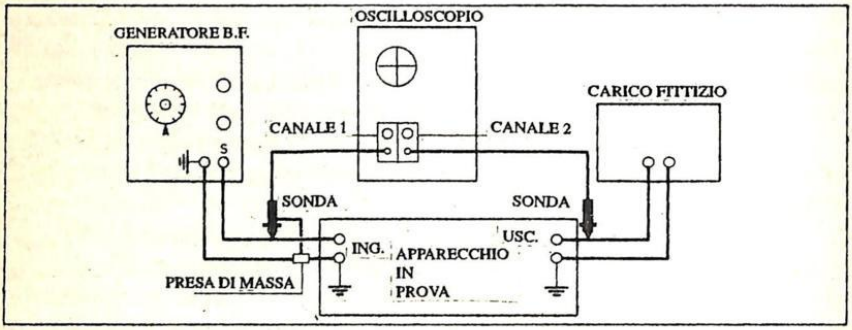


Fig. 16.-Misurazione della risposta in frequenza di uno stadio di potenza.

tenza di uscita uguale alla *decima parte* della massima efficace.

Tale riduzione di livello si deve fare con il *comando di volume* dell'apparecchio. Nel caso si tratti di uno stadio di potenza e, come è normale, non sia dotato di tale comando, la riduzione del livello si farà direttamente con il generatore.

Si procede ad effettuare lo stesso tipo di misura di prima, annotando solo le variazioni di potenza di 1 dB, o di 0,5 dB se la risposta è molto piatta. Costruito il grafico corrispondente, si osserverà che la curva presenta una maggiore uniformità che nel caso precedente.

La gamma di frequenze nella quale si ottiene ora una variazione uguale o minore a 3 dB deve essere molto più ampia di prima, e viene chiamata *risposta in frequenza* dell'amplificatore.

Risposta in frequenza dei filtri

Salvo rare eccezioni, i filtri incorporati negli apparecchi a bassa frequen-

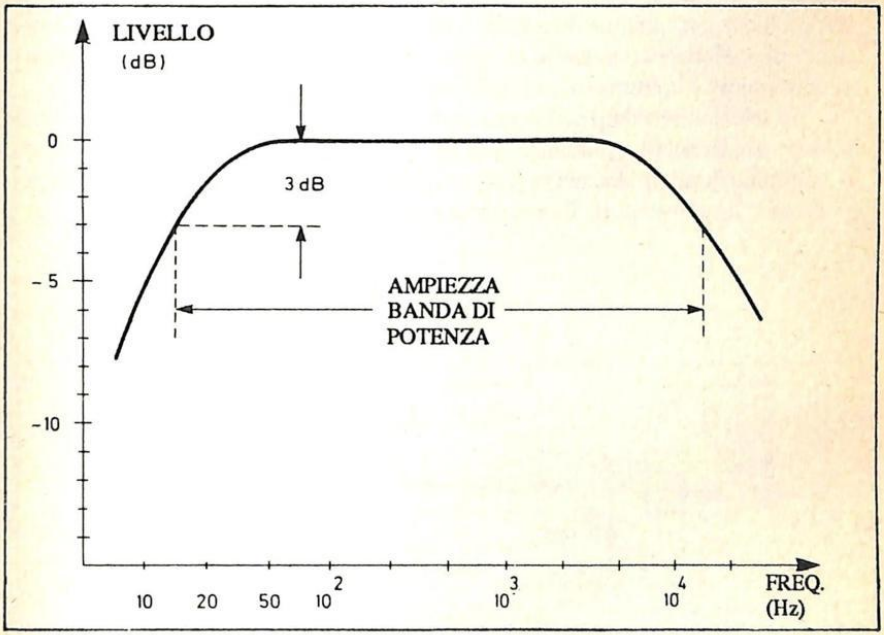


Fig. 17.-Forma tipica della relazione potenza massima-frequenza.

za sono sempre passa-basso e/o passa-alto, e corrispondono ai filtri degli acuti e dei bassi, rispettivamente.

Ciò che differenzia un filtro dagli altri, è la *frequenza di taglio*, che è il valore della frequenza a cui il guadagno del complesso diminuisce a -3 dB rispetto ad una di riferimento, e la *pendenza* del filtro o incremento dell'attenuazione che subiscono i segnali quando la loro frequenza raddoppia.

Supposta nota la risposta in frequenza dell'apparecchio, per ottenere entrambi i valori si deve effettuare il collegamento di figura 18. Il controllo di volume si porrà al massimo, ed i controlli di tono in posizione da annullarne l'azione, tranne che per il filtro da misurare. Il generatore dovrà fornire un segnale di 1 kHz.

Se l'apparecchio in prova è un preamplificatore, si regola l'ampiezza di uscita del generatore di segnale in modo che all'uscita del preamplificatore si ottenga una tensione uguale alla nominale. Se è un amplificatore che include lo stadio di potenza, si regola il generatore per ottenere sul carico fittizio una potenza uguale al 10% (-10 db) della nominale.

In seguito si ruota il comando di frequenza del generatore verso le frequenze elevate, se il filtro è per gli acuti, o verso quelle basse, se è dei bassi. Si presterà attenzione perchè l'ampiezza del segnale di ingresso sia costante (canale 1 dell'oscilloscopio).Si osserva l'ampiezza del segnale sul canale 2 dell'oscilloscopio, annotando a quale valore della frequenza l'ampiezza diminuisce di 3 dB rispetto a quella ottenuta a 1 kHz (vedere le tabelle precedenti). Tale valore è la frequenza di taglio del filtro.

Si selezionerà allora con il generatore di segnali una frequenza uguale al doppio (per gli acuti) o alla metà (per i bassi) di quella di taglio, e si osserverà la diminuzione (in decibel) subita dall'ampiezza del segnale di uscita (canale 2 dell'oscilloscopio). Tale diminuzione sarà la pendenza del filtro.

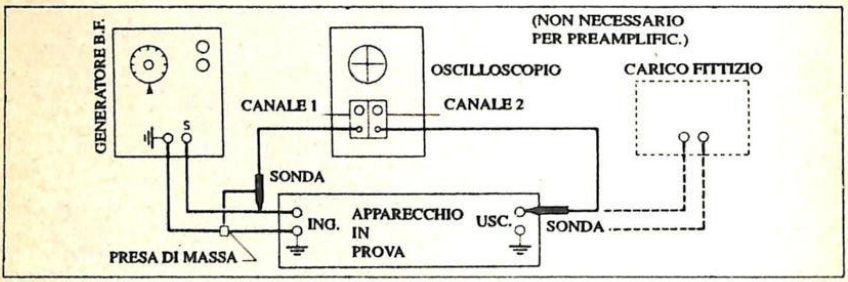


Fig. 18.-Misurazione delle caratteristiche dei correttori di frequenza o filtri.

Controlli di tono

Qualsiasi apparecchio audio che pretenda di avere una certa qualità, deve incorporare dei comandi con cui poter accentuare e attenuare i bassi e gli acuti.

Tali comandi non hanno effetto alcuno quando sono in posizione centrale. Il circuito impiegato maggiormente è quello di tipo Baxandall, che fornisce una pendenza di attenuazione o di accentuazione (secondo il senso di rotazione del comando) costante dalla frequenza di 1 kHz fino ad una frequenza compresa 50 e 100 Hz per il controllo dei bassi, e fino ad una frequenza tra 10 e 20 kHz, per quello degli acuti.

Il procedimento di misura utilizza il collegamento già indicato. Con il controllo di volume al massimo, i correttori di frequenza annullati, e il livello del segnale già detto prima, si seleziona dal generatore di segnali una frequenza di 100 Hz. Si ruota il controllo dei *bassi* fino alla massima accentuazione e si annota il guadagno ottenuto nel segnale di uscita (canale 2 dell'oscilloscopio). Tale valore oscillerà tra 10 e 15 dB.

In seguito si ruota il controllo dei *bassi* fino alla massima attenuazione,

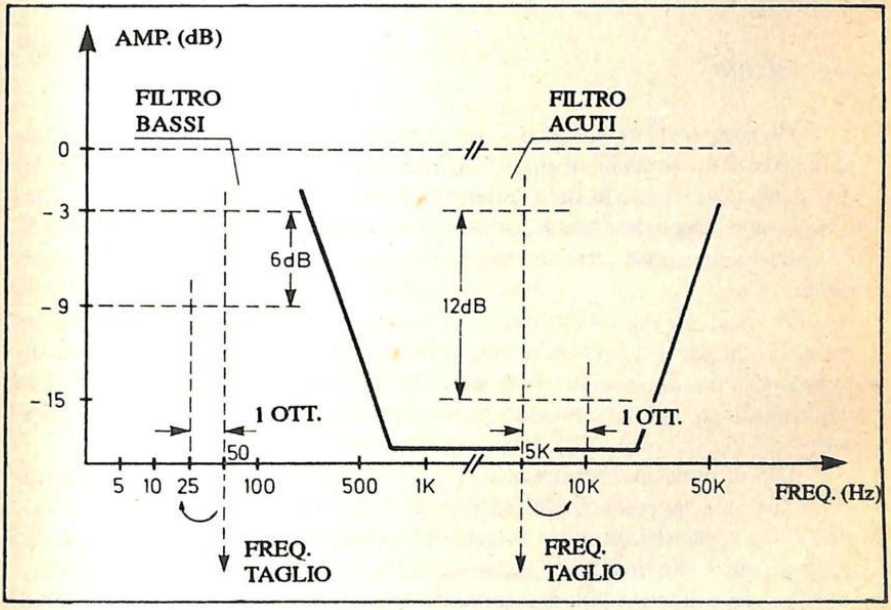


Fig. 19.-Risposte di un filtro dei bassi e di uno degli acuti.

annotando la perdita rispetto alla posizione centrale. Il valore ottenuto è simile al precedente.

Il procedimento per il controllo degli *acuti* è identico, salvo che il generatore di segnali dovrà fornire una frequenza di 10 kHz. Le curve ottenute saranno simili a quelle di figura 20.

Controllo di presenza

Alcuni apparecchi incorporano un circuito correttore speciale detto *di presenza, compensatore, o loudness* che adatta la risposta in frequenza dell'apparecchio a quella dell'udito umano a bassi livelli di ascolto. Semplificando molto, si può dire che l'effetto di questo circuito è di aumentare i bassi e gli acuti rispetto alle frequenze medie. La quantità di accentuazione dipende dal livello di ascolto ed è corretta automaticamente dallo stesso circuito.

Per la sua misura si adotterà lo stesso circuito precedente. Regolato il generatore perchè l'apparecchio fornisca l'uscita nominale più volte detta, a volume massimo e ad 1 kHz, si varierà *il controllo di volume dell'apparecchio* fino ad ottenere un'uscita il cui livello sia di 20 dB al di sotto del nominale. In seguito si potrà effettuare una misura della risposta in frequenza.

Stereofonia

Gli apparecchi stereofonici sono caratterizzati fondamentalmente dal fatto di possedere due canali di amplificazione totalmente separati. Ciascuno dei due canali deve fornire lo stesso effetto sonoro, quando entrambi sono eccitati dallo stesso segnale. Questo non è sempre possibile, specialmente quando gli altoparlanti o casse acustiche non si trovano alla stessa distanza dall'ascoltatore.

Per risolvere questo problema, gli apparecchi stereofonici includono un comando che permette di fornire un guadagno minore ad un canale rispetto all'altro, per cui si può ottenere lo stesso effetto sonoro in qualsiasi punto, entro un certo campo. Questo comando viene abitualmente chiamato *bilanciamento.*

D'altra parte, la separazione tra canali, in pratica, non è perfetta, esistendo sempre una parte di segnale di uno di essi che *si trasferisce* nell'altro. Tale trasferimento avviene di solito attraverso le linee di alimentazione, o come accoppiamento capacitivo tra gli elementi dei due canali. Il fenomeno è noto come *diafonia*, e dipende dalla frequenza del segnale elaborato dall'apparecchio.

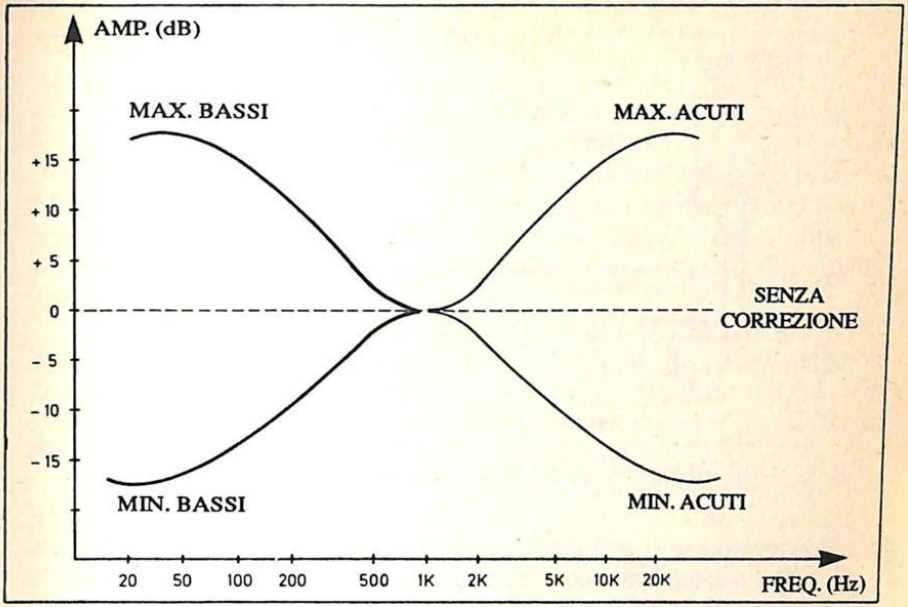


Fig. 20.-Risposte tipiche dei controlli di tono.

Bilanciamento

L'efficacia del comando di bilanciamento si misura solitamente come rapporto, in decibel, tra le ampiezze del segnale di un canale, quando il comando si ruota nel senso di minima amplificazione, e quando lo stesso comando si trova nella sua posizione centrale.

Per la sua misura si userà il collegamento indicato in figura 21. Si osservi che si usa un solo generatore di bassa frequenza, il cui segnale si inietta contemporaneamente in entrambi i canali.

Il comando di volume dell'apparecchio si porrà al massimo; i correttori di frequenza (toni, filtri, ecc.) in posizione di effetto nullo.

Il generatore deve fornire un segnale di 1 kHz con un'ampiezza tale che all'uscita dell'apparecchio (entrambi i canali) si ottenga il valore nominale (preamplificatori), o una potenza inferiore di 10 dB alla nominale (amplificatori integrati).

Inizialmente il comando di bilanciamento si dispone in posizione centrale, e si deve osservare per entrambi i canali la stessa ampiezza del segnale

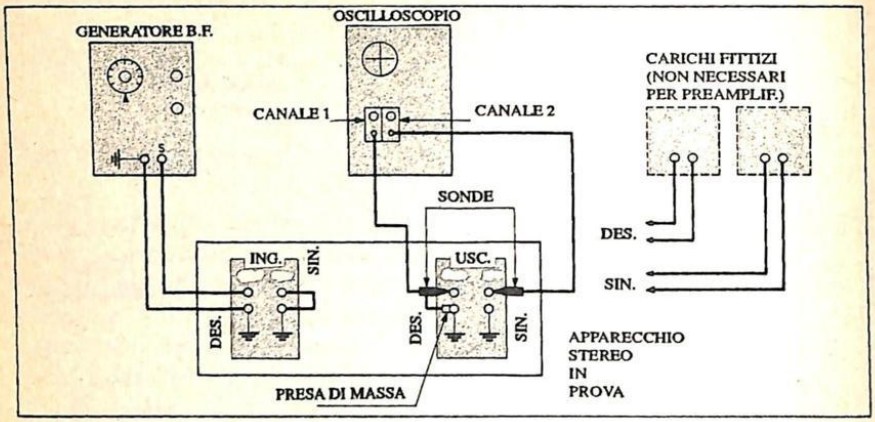


Fig. 21.-Misurazione dell'efficacia del controllo di bilanciamento.

sull'oscilloscopio. Se così non fosse si deve ruotare il comando di bilanciamento fino a soddisfare tale condizione; questo punto, è quello di vero equilibrio tra i canali.

Annotata l'ampiezza del segnale mostrata dal canale 1 dell'oscilloscopio, si ruota il comando di bilanciamento nel senso necessario per diminuire il segnale suddetto, arrivando fino all'estremità o fondo. A questo punto si misura di nuovo l'ampiezza del segnale, determinando il rapporto tra detto valore (comando all'estremità) e quello annotato precedentemente (comando in posizione centrale). Il rapporto percentuale convertito in decibel fornirà l'efficacia del comando.

Si osservi che il quoziente suddetto darà sempre un valore, in decibel, negativo. Può verificarsi il caso in cui il segnale ottenuto con il comando all'estremità sia nullo, il che significa che lo squilibrio tra canali può arrivare ad essere - ∞ (meno infinito) dB.

In seguito si porterà il comando di bilanciamento all'estremità opposta, misurando un'altra volta l'ampiezza del segnale sul canale 1 ed effettuando la divisione tra tale valore e quello ottenuto con il comando in posizione centrale. Il risultato sarà un valore molto prossimo all'unità (0 dB), o leggermente maggiore di uno. La misura si può effettuare su qualsiasi dei due canali, poichè il comando di bilanciamento deve avere un effetto simmetrico.

Diafonia

Per misurare questo parametro si deve utilizzare il collegamento di figura 22. Con i correttori di frequenza annullati, il volume al massimo, e il controllo di bilanciamento in posizione centrale, si seleziona una frequenza di 1 kHz con un'ampiezza uguale a quella menzionata prima.

L'uscita nominale si otterrà solo sul canale dell'oscilloscopio, mentre sul canale 2 si potrà osservare l'esistenza di un debole segnale. Il rapporto delle ampiezze dei segnali dei canali 1 e 2 dell'oscilloscopio, espresso in decibel, fornirà la *separazione dei canali* dell'apparecchio, grandezza inversa rispetto alla diafonia.

Senza variare nessuno dei comandi dell'apparecchio, si ripeterà la misura per frequenze di 20, 50, 100, 200, 500, 2.000, 5.000, 10.000 e 20.000 Hz, rappresentando i risultati su un grafico, il cui aspetto sarà simile a quello di figura 23. Se si desidera, si può ripetere la misura invertendo il collegamento dei canali, anche se il risultato deve essere molto simile.

Per misure più precise si può sostituire al ponte tra ingresso e massa del canale sinistro, una resistenza di 100 o 150 kΩ per gli ingressi lineari (radio, nastro, ausiliario), o di 47 kΩ per l'ingresso fono magnetico. I terminali della resistenza, in entrambi i casi, devono essere i più corti possibile.

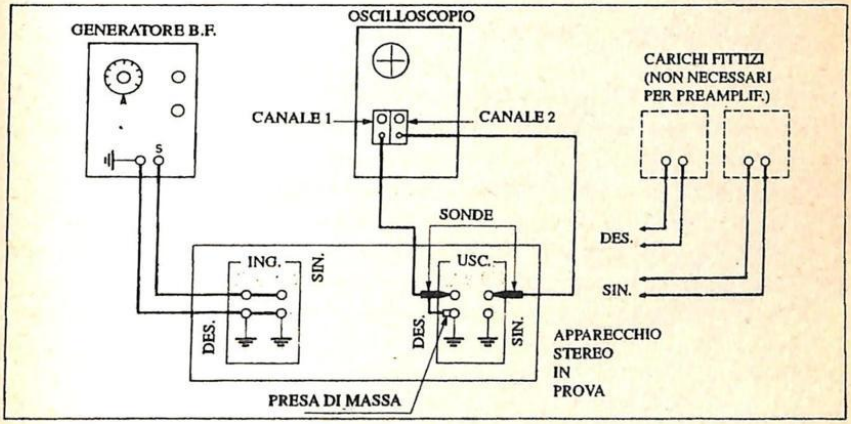


Fig. 22.-Misura della separazione dei canali o diafonia.

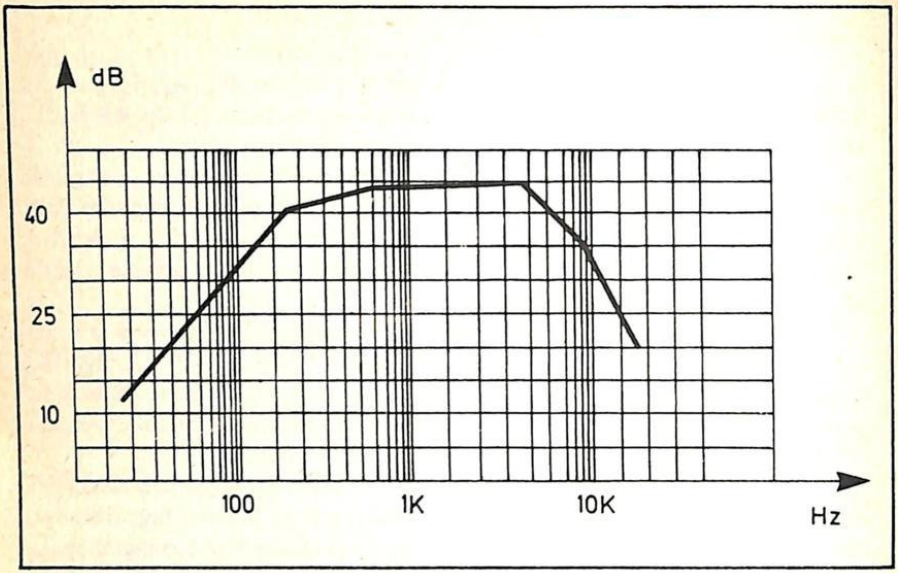


Fig. 23.-Curva tipica di separazione dei canali in funzione della frequenza del segnale.

CAPITOLO 8

METODI DI CONDIZIONAMENTO ACUSTICO

L'ascolto adeguato delle melodie preferite, sia in diretta che registrate, non dipende solo dalla qualità dell'orchestra, dal gruppo, o dalla registrazione e dall'apparecchio di riproduzione, ma anche, in gran parte, dal luogo di ascolto, e dal fatto che la sala in cui avviene l'interpretazione o la riproduzione sia predisposta in modo adeguato.

Normalmente, quando si accede ad un teatro o ad una sala di audizione, questa è predisposta in modo adatto al tipo di musica o suono che in tale luogo si esegue. Anche se esistono differenze tra loro, ci sono sale migliori per la loro acustica generale, o per la loro predisposizione ad un determinato tipo di musica.

Quando si tratta della propria abitazione, la sala dovrà essere predisposta soggettivamente, adattandola un po' al proprio gusto musicale, ma seguendo sempre alcune norme fondamentali.

La qualità della riproduzione e dell'ascolto diretto mediante amplificazione, non consiste solo nell'*estrarre* watt di potenza acustica, ma anche nel predisporre il luogo di ascolto, e distribuire adeguatamente le sorgenti sonore.

Per comprendere meglio la differenza tra le acustiche delle diverse sale, e organizzare la propria sala di ascolto in modo adatto, è necessario conoscere alcuni concetti fondamentali, che saranno descritti nelle pagine successive.

In primo luogo si deve tener presente che il campo creato da una sorgente è molto diverso, in funzione del fatto che si trovi all'aperto o in una zona chiusa.

In *campo aperto* non esistono pareti che pongano ostacoli alla diffusione del suono; in qualsiasi punto dello spazio le onde arrivano solo dalla sorgente sonora, con pressione decrescente con la distanza, in modo che si annulli

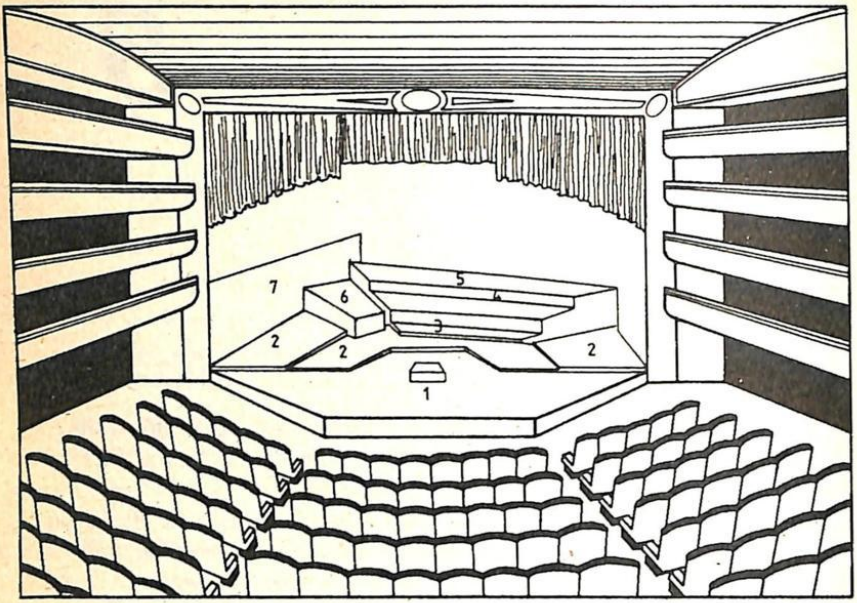


Fig. 1.-Quando si accede ad un teatro o sala per concerti, questo è preparato per il tipo di musica che verrà eseguita: 1 Direttore, 2 Corde, 3 Legni, 4 Ottoni, 5 Percussioni, 6 Corde pizzicate, 7 Cori.

quando la distanza è grande.

Invece in un *locale chiuso* esistono delle pareti contro le quali l'onda sonora urterà. Parte dell'energia dell'onda sarà assorbita dalla parete, e la restante verrà riflessa nuovamente verso l'ambiente, in modo che, in un qualsiasi punto, il suono non arriva solo dalla sorgente, ma anche dalle pareti che lo riflettono. Il campo sonoro allora non diminuisce semplicemente con la distanza; inoltre, nella sala la potenza sonora necessaria, è superiore a quella in campo aperto alla stessa distanza.

Il caso ideale in un ambiente chiuso, sarebbe il campo *diffuso* in cui tutti i punti hanno la stessa pressione sonora, indipendentemente dalla distanza.

Intuitivamente si capisce che le caratteristiche del campo sonoro creato in un ambiente chiuso sono dipendenti dalla forma e dimensione di quest'ultimo. La risonanza di un grande teatro è molto superiore a quella di un salone domestico (non ci si addentra sul termine risonanza, che si interpreta intuitivamente).

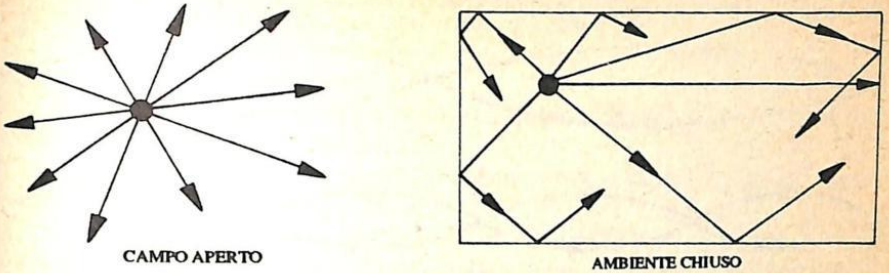


Fig. 2.-In campo aperto le onde provengono solo dalla sorgente sonora, e la loro energia diminuisce con la distanza. Invece, quando la sorgente emette in un locale chiuso, le onde sonore provengono dalla sorgente, e dalle pareti per riflessione. Il livello sonoro sarà superiore a quello del campo libero.

Ma si può immaginare un salone con le caratteristiche acustiche di un teatro? Sarebbe fastidiosissimo ascoltare con tanta risonanza; le conversazioni diventerebbero faticose e inintelleggibili, e l'orecchio sarebbe completamente assordato. E nel caso contrario? Effettuare rappresentazioni in un locale con acustica così povera sarebbe un fiasco totale: il suono non supererebbe le prime file.

Per ogni applicazione è richiesta una caratteristica diversa, una dimensione, un progetto, che dia la risonanza adeguata. Esistono poi dei *trucchi* che permettono di variare in una certa misura questa risonanza.

Frequenze risonanti

Come conseguenza delle riflessioni successive, sulle pareti compaiono quelle che sono dette *onde stazionarie*, dovute alla frequenza di risonanza del locale. Dipendono dalla forma e dalle dimensioni dello stesso e risultano amplificate rispetto alle altre, generando una deformazione del messaggio originario. Sono anche chiamate *frequenze proprie* del locale.

Ciò che interessa è, che una sala sia il più inerte possibile alle frequenze proprie, ma poichè esistono comunque, si cercherà almeno di spaziarle nel modo più regolare possibile all'interno dello spettro di frequenza, perchè non si formino accumuli di energia sonora in determinate zone, favorendo una frequenza più di altre.

Le sale piccole e con lati paralleli hanno un gran numero di frequenze risonanti, che si trovano nella zona dei bassi.

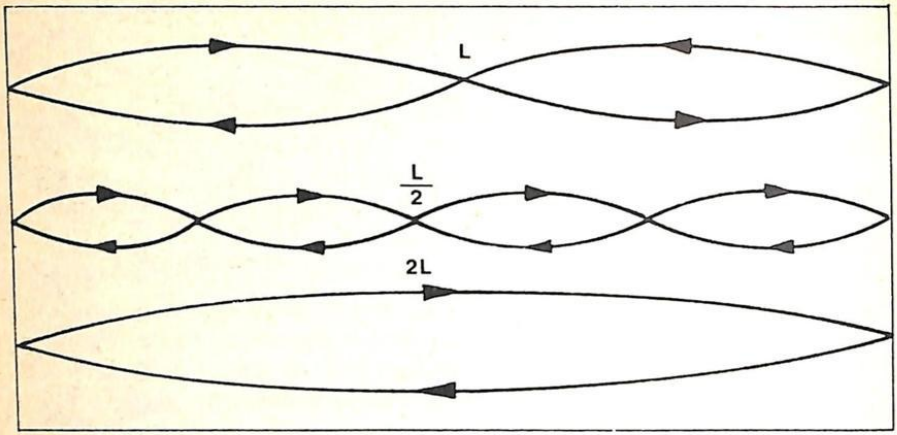


Fig. 3.-Le sale a pianta rettangolare sono le più propense a creare onde stazionarie alle frequenze proprie. Queste dipendono dalle dimensioni della sala. Nel disegno sono rappresentate onde di lunghezza L/2, L e 2L. E' necessario scegliere una distribuzione uniforme di queste frequenze nello spettro.

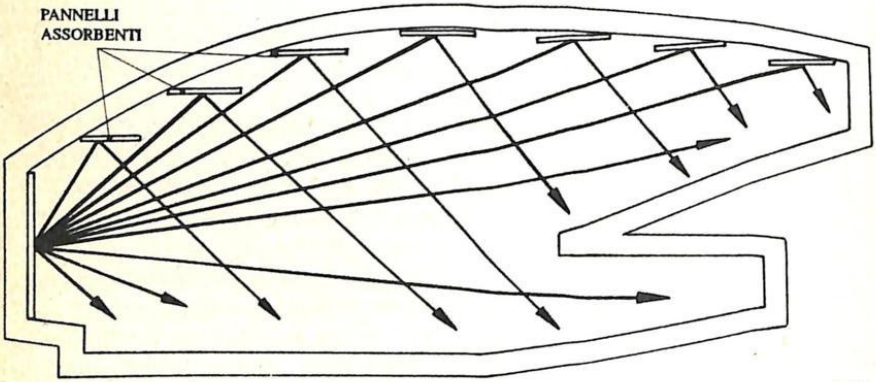


Fig. 4.-In questa sala cinematografica si nota la forma del soffito e come si dividono le onde sonore al suo interno, arrivando a tutte le zone. Sono stati impiegati pannelli riflettenti.

Nelle sale grandi, al di sopra dei 100 m^3, le frequenze proprie si trovano al di sotto del campo udibile, e non creano problemi.

Un adeguato rapporto di dimensioni permette una distribuzione energetica delle frequenze risonanti.

Le piccole sale si considerano idonee, quando hanno dimensioni che hanno tra di loro rapporti di 1, 1,5 e 2,5.

Così una sala alta 2,7 m (molto comune nelle abitazioni) avrebbe come dimensioni ideali 4,05 e 6,75 m.

Questo non vuol dire che le sale che non soddisfano queste condizioni siano già escluse per il numero di frequenze proprie, ma indubbiamente sono più difficili da adeguare.

E' importante evitare, ad ogni modo (indipendentemente dalle dimensioni), e sempre che sia possibile, che le pareti, il soffitto e il pavimento, siano paralleli a due a due. Con un piccolo dislivello del soffitto o sfalsando le pareti, si riuscirà ad evitare un gran numero di onde stazionarie.

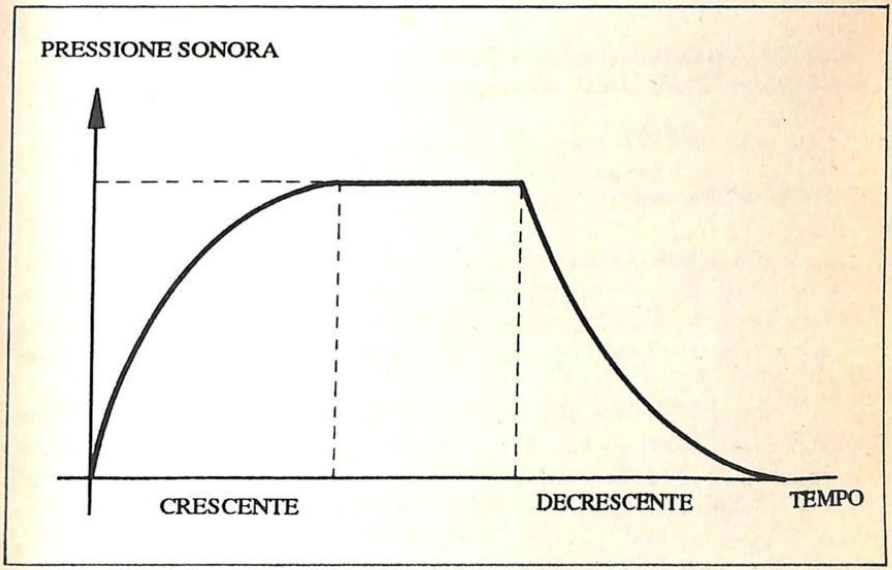


Fig. 5.-Curva di aumento e diminuzione sonora in un ambiente chiuso. Si osserva che l'aumento non è lineare nel tempo, cresce rapidamente all'inizio e poi lentamente fino a raggiungere il valore finale. Analogamente succede con la diminuzione.

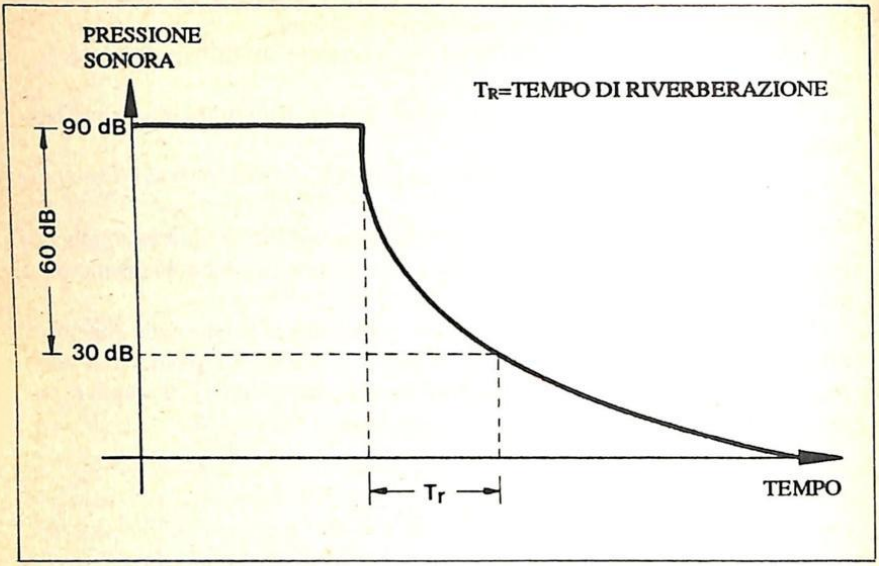


Fig. 6.-Il tempo di riverberazione è quello trascorso da quando la sorgente tace fino a che il livello sonoro scende di 60 dB al di sotto del valore iniziale.

Assorbimento sonoro

Si supponga di essere in una sala di grandi dimensioni e che una sorgente sonora inizi ad emettere con continuità internamente ad essa. L'energia sonora raggiungerà l'orecchio, all'inizio direttamente dalla sorgente, poi urterà le pareti e tornerà nuovamente verso la sala raggiungendo l'ascoltatore da punti diversi.

L'energia all'interno crescerà, poichè da una parte la sorgente emette continuamente, e dall'altra le onde non si disperdono ma si riflettono e tornano in sala. Si ha così un aumento del suo livello fino a superare la soglia del dolore. Si sa però che ciò non accade, ma che il livello si fissa ad un certo valore, senza superarlo.

Dov'è l'errore nel ragionamento precedente? Semplicemente nel fatto che le pareti non riflettono *tutta* l'energia ricevuta, ma ne assorbono una parte riflettendo il resto. Arriva quindi un momento in cui l'energia emessa dalla sorgente e quella assorbita dalle pareti sono uguali, con la stabilizzazione dell'aumento di energia sonora.

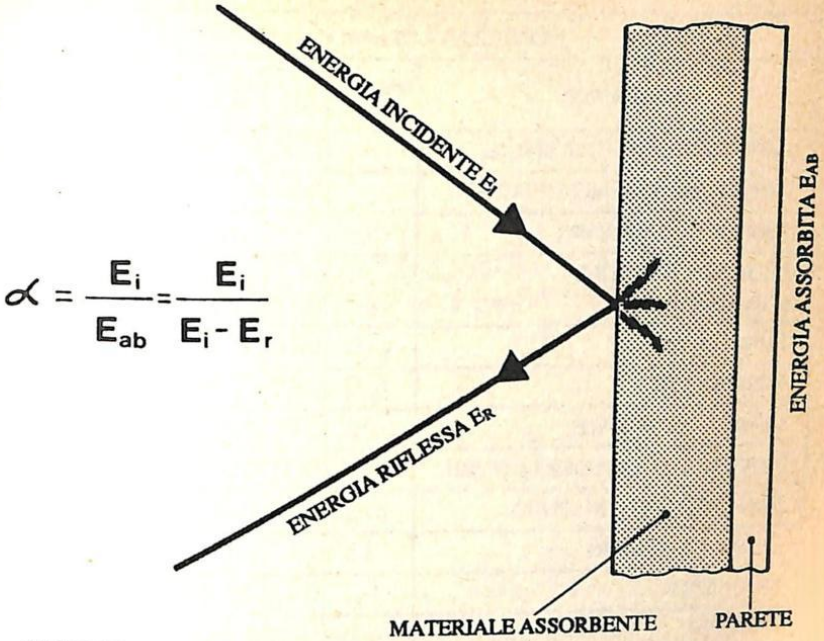


Fig. 7.-L'assorbimento di un materiale si misura mediante il suo coefficiente di assorbimento, che è il rapporto tra l'energia ricevuta e assorbita dal materiale. Ogni materiale ha il proprio coefficiente.

Se la potenza assorbita è piccola, l'aumento di energia è lento e si ottengono livelli superiori a quelli degli spazi aperti; gli ambienti in cui ciò si verifica è detto ambiente *vivo*.

Se, al contrario l'assorbimento è grande, il livello raggiunto è dell'ordine dello spazio aperto e si raggiunge più rapidamente. In entrambi i casi l'aumento è esponenziale.

Per l'ascolto di apparecchi stereofonici, è conveniente utilizzare un locale vivo, anche se con un certo assorbimento. Siccome le sale saranno generalmente piccole, sarà necessario adeguarle per ottenere queste caratteristiche.

Se si vuole ottenere una sala d'ascolto quadrifonica, questa dovrà essere resa molto assorbente, poichè gli altoparlanti riproducono le riflessioni della sala originale, in cui è stata effettuata la registrazione, che non deve essere degradata con altre riflessioni introdotte dalla sala d'ascolto.

COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO							
MATERIALE	SPESSORE (cm)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
COTONE, TELA APPESA LISCIA	—	0,04	0,07	0,13	0,22	0,32	0,35
COTONE, TELA, APERTA PER 3/4	—	0,04	0,23	0,40	0,57	0,53	0,40
SUGHERO COMPRESSO	5,0	—	—	0,28	—	0,36	—
SUGHERO, GRANULI AGGLOMERATI	2,5	0,12	0,27	0,72	0,90	0,75	0,65
FIBRA DI VETRO	5,0	0,18	0,55	0,78	0,82	0,82	0,81
FIBRA DI VETRO	10,0	0,43	0,98	0,90	0,92	0,88	0,84
CEMENTO NORMALE	—	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
MATTONE, INTONACATO A SCAGL	—	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
LANA MINERALE IN GRANI	10,0	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,80
LEGNO ORDINARIO	2,5	—	0,16	0,13	0,10	0,06	0,05
MOQUETTE	0,9	0,12	0,10	0,18	0,20	0,46	0,27
PARQUET	1,5	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
VETRO IN LAMINE	0,5	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
VELLUTO, TESO SU PARETE	—	0,05	0,12	0,35	0,45	0,38	0,36

UNITA' DI ASSORBIMENTO

POLTRONA O SEDIA IN LEGNO	—	0,021	0,026	0,043	0,042	—
POLTRONA COMPLETAMENTE TAPPEZZ.	—	0,37	0,33	0,36	0,40	—
SPETTATORE	0,15	0,23	0,40	0,56	0,64	—

Fig. 8.-Tabella dei coefficienti di assorbimento di alcuni materiali in funzione della frequenza.

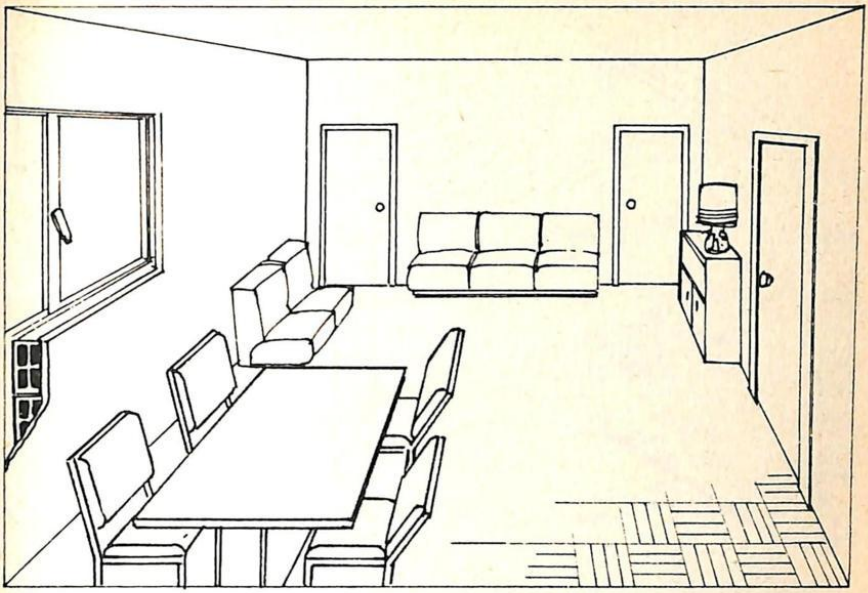


Fig. 9.-Aspetto della sala che si prende come esempio nel testo.

Tempo di riverberazione

Si pensi nuovamente alla sala del paragrafo precedente, in cui la sorgente di emissione venga spenta di colpo. Si osserverà che occorre un certo tempo perchè scompaia il campo acustico. Come conseguenza delle riflessioni il suono continua ad arrivare. Quest'ultimo esperimento dà un'idea chiara della risonanza della sala.

Questa sarà tanto più risonante quanto più grande è il tempo impiegato per la scomparsa del campo sonoro. Tale tempo è detto *tempo di riverberazione* ed è un dato che occorre conoscere per poter studiare il comportamento acustico di un ambiente.

Affinchè la misura del tempo di riverberazione sia più oggettiva, si misura il tempo da quando la sorgente cessa di emettere fino a che il livello sonoro scende 60 dB al di sotto del suo valore iniziale. Cioè, se si trattasse di una conversazione che, come si sa, ha un livello intorno ai 60 dB, sarebbe il tempo trascorso da quando tace l'ultimo interlocutore fino a che si arriva alla soglia uditiva di 0 dB.

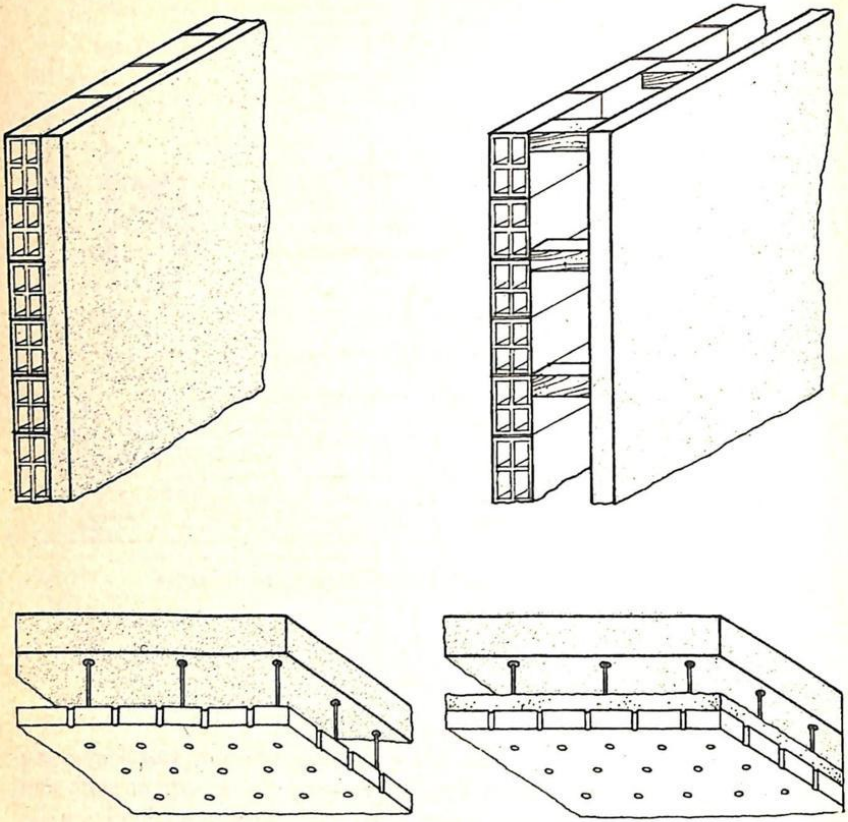


Fig. 10.-Quattro tecniche di collocamento di materiali assorbenti. Con esse, uno stesso materiale presenterà caratteristiche di assorbimento diverse.

Detto in tal modo è tutto molto semplice, e invoglia a prendere un cronometro ed effettuare l'esperimento nella propria sala. Però, sfortunatamente, la realizzazione pratica non è tanto facile, poichè i tempi saranno molto brevi e gli errori di apprezzamento elevati. Sono necessari complessi sistemi elettronici per determinarlo.

Allora cosa si può fare? Per stimare il tempo di riverberazione si ricorre a un calcolo teorico che, anche se non è molto preciso, è facilmente eseguibi-

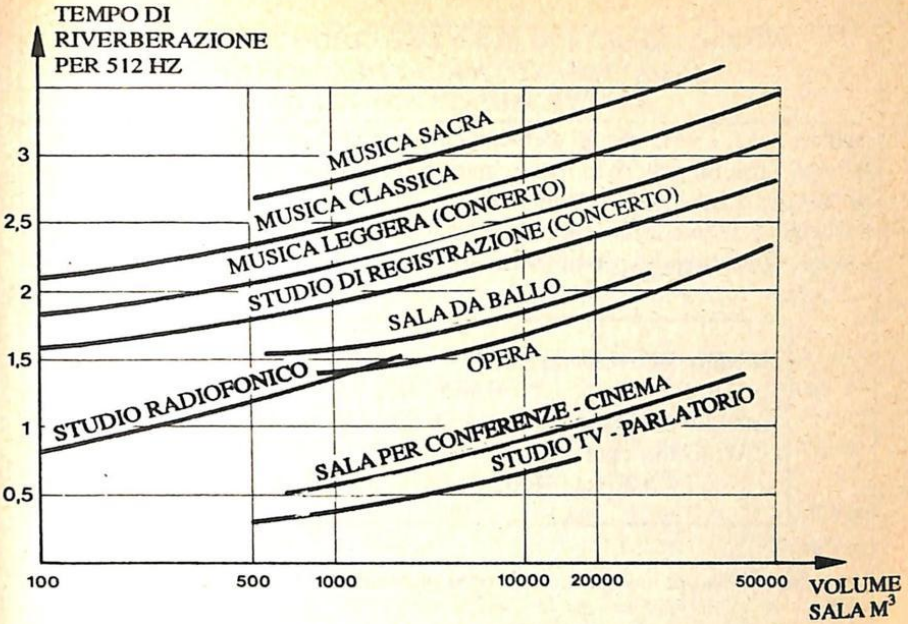


Fig. 11.-Grafico dei tempi di riverberazione in funzione del volume dell'ambiente per diverse applicazioni.

le e sufficiente alle nostre necessità (più avanti tale calcolo sarà esposto dettagliatamente).

Quando ci si trova in locali molto grandi, come può esserlo una cattedrale, si osserva che la riverberazione è molto grande e l'intelleggibilità della parola, di conseguenza, molto difficoltosa; inoltre, con il passare del tempo, accumulandosi più energia la situazione va peggiorando.

Tuttavia è un buon posto per ascoltare musica per organo, canto gregoriano, o qualsiasi tipo di musica scritta per strumenti che richiedono un lungo tempo di riverberazione.

Questo suggerisce l'idea che ogni tipo di messaggio sonoro necessita di un idoneo tempo di riverberazione.

Così una sala per conferenze dovrà avere un tempo compreso tra 0,5 e 0,8 sec, una sala da ballo di circa 1 sec, e una sala da concerto per musica classica dovrà raggiungere 1,5 sec. Questi tempi dipendono dal volume dell'auditorio.

I tempi espressi precedentemente sono per ascolto in diretta; per i programmi registrati i tempi sono diversi, dipendono da altri fattori che interven-

DETTAGLIO DEL CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO MEDIO DELLA SALA RAPPRENSETATA NEL TESTO

Dall'analisi si è visto che gli elementi che esistono nella sala sono tutti costituiti dai seguenti materiali: legno, muro a stucco con gesso, parquet e vetro di finestre; esistono inoltre poltrone e sedie.
Si scelgono nella tabella i coefficienti di assorbimento per questi elementi (il calcolo viene eseguito per 1.000 Hz).

Il tempo di riverberazione è:

$$T = 0{,}161 x V/\alpha_t$$

in cui V è il volume totale della sala, che in questo caso è di 41,625 m^3, per cui:

$$T = 0{,}161x41{,}625/6{,}04 = 1{,}1 \text{ sec}$$

Si calcola ora la superficie di ogni materiale:

Legno	0,1	
Gesso lucicdo	0,05	
Vetro	0,03	
Parquet	0,06	
Sedia	0,043	unità di assorbimento.
Poltrona	0,36	unità di assorbimento.
Superficie di legno (porte) ... 3x1,85x0,8 =		4,68 m^2

Si moltiplica ogni superficie per il proprio coefficiente e si somma

$$\alpha_t = 4{,}68x0{,}1+34x0{,}05+2{,}34x0{,}03+16{,}65x0{,}06+4x0{,}043+5x0{,}36 = 6{,}4$$

Questo è l'assorbimento totale. La superficie totale è:

$$S_t = 41+16{,}65+16{,}65=74{,}30 \text{ m.}^2$$

Il coefficiente di assorbimento medio:

$$\alpha = 6{,}04/74{,}30 = 0{,}08.$$

gono nella registrazione, e quindi non sono dell'ordine di quelli detti.

Coefficiente di assorbimento

Si è detto che il tempo di riverberazione dipende dalle dimensioni e dall'assorbimento della sala. Le dimensioni sono facilmente ottenibili, ma l'assorbimento è alquanto più complesso e non può essere misurato con un metro. La sua conoscenza permette di variare l'acustica del locale, pertanto è di grande importanza per il progetto.

L'assorbimento si può misurare mediante *qualcosa* che fornisca un'idea dell'energia sonora che rimane nel materiale. Questo *qualcosa* si chiama *coefficiente di assorbimento acustico*, ed è semplicemente il rapporto tra l'energia assorbita dal materiale e quella che vi incide. Normalmente si misura l'energia incidente e la riflessa; l'energia assorbita è la differenza.

Ogni materiale ha il proprio coefficiente di assorbimento che dipende dallo spessore dello stesso, dall'angolo di incidenza dell'onda e dalla frequenza del segnale.

Per un calcolo sufficientemente approssimato dell'assorbimento, basterà supporre che nella sala esista un campo diffuso e, pertanto, le onde sonore urtino contro le pareti formando angoli di tutti i valori e tutti con la stessa pro-

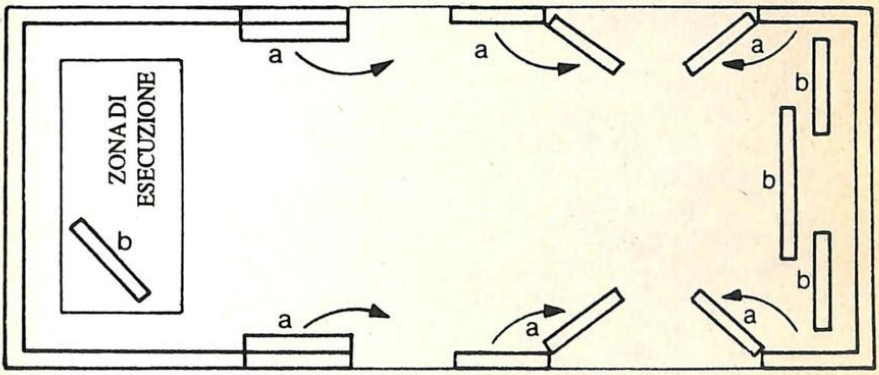


Fig. 12.-Quando si deve utilizzare lo stesso locale per diverse applicazioni, la cosa migliore è di dotarlo di un sistema che permetta di variare l'assorbimento mediante pannelli orientabili, mobili, ecc.

babilità. Questo consente di prendere un valore medio del coefficiente. Ciò da cui non si può prescindere sono le variazioni con lo spessore e con la frequenza.

Ad esempio per i semplici mattoni intonacati a scagliola si hanno i seguenti valori: 0,013 a 125 Hz; 0,02 a 500 Hz; 0,04 a 2.000 Hz; 0,05 a 4.000 Hz.

Esistono tabelle in cui sono forniti i coefficienti di assorbimento dei materiali e delle strutture comunemente usati per isolamento e sonorizzazione. Nel caso non si trovi il coefficiente in tali tabelle, sarà possibile ottenerlo dal costruttore del materiale.

Ora si sa come reperire i coefficienti di assorbimento, ma come si deve procedere per ottenere il valore dell'assorbimento totale del locale? Si inizia ad esaminare l'ambiente e controllare i materiali che lo compongono: soffitti, pareti, porte, finestre, mobili, ecc. Si sceglieranno i coefficienti di ciascuno di essi ad eccezione di tavoli, sedie, mobili e persone a cui si assegna un valore di assorbimento totale fisso per unità.

Si moltiplicherà il coefficiente di assorbimento di ciascun materiale per la sua superficie ottenendo così l'assorbimento totale di ogni tipo di materiale.

In seguito si sommeranno tutti questi assorbimenti con quelli assegnati agli oggetti e alle persone. Questa somma sarà l'*assorbimento totale* del locale. Se si divide l'assorbimento totale per la superficie totale degli elementi del locale si ottiene il *coefficiente di assorbimento medio*.

Si può supporre ad esempio una sala con dimensioni 4,5 x 3,7 m ed altezza di 2,5 m. Esistono tre porte da 1,9 x 0,8 m, un tavolo, quattro sedie, cinque poltrone e un mobile piccolo. Il soffitto e le pareti sono in mattoni forati intonacati a scagliola e il pavimento di parquet. Esiste anche una finestra da 1,95 x 1,20 m.

Effettuati i calcoli per una frequenza di 1.000 Hz, l'assorbimento totale è di 6,08 e il coefficiente di assorbimento medio 0,08. Queste caratteristiche sono approssimativamente quelle di una sala di abitazione (non sono stati considerati dettagli di costruzione, tende, ecc.).

Se si ricopre il pavimento con moquette e una delle pareti larghe con fibra di vetro da 5 cm di spessore si aumenterà sensibilmente il suo assorbimento, portando il coefficiente medio da 0,08 a 0,23. Si vede che con piccole modifiche si può ottenere una variazione sostanziale dell'assorbimento del locale.

Materiali assorbenti

I materiali porosi (con poca densità) sono i più adatti come elementi assorbenti, soprattutto alle alte frequenze, ma è necessario che i pori che presentano siano profondi e comunicanti, non ciechi, perchè altrimenti il potere assorbente diminuisce considerevolmente.

Sono assorbenti: tessuti, moquettes, fibre di vetro, sughero, pannelli perforati, alcune resine espanse, ecc. Si ottengono elementi assorbenti anche basandosi sulle proprietà elastiche di vari materiali; si costruiscono elementi assorbenti a risonanza, che assorbono frequenze determinate e sono quindi selettivi. Una struttura di questo tipo potrebbe essere una lastra collocata separata dal pavimento con giunzioni elastiche.

Per collocare altri materiali assorbenti in una sala esistono diversi metodi o tecniche: gli effetti desiderati non si ottengono sempre ponendo il materiale assorbente direttamente sulle pareti; a volte si preferisce metterlo separato su paraventi o con collegamenti elastici separatori. In questo modo si variano le capacità di assorbimento dei diversi materiali.

Fig. 13.-Studio di registrazione.

Così i materiali porosi ed elastico-porosi aumentano il loro assorbimento se si mettono separati dalle pareti, lasciando una intercapedine di aria. Inoltre con questa struttura si ottiene l'assorbimento alle frequenze basse.

Si è visto come, in modo facile e meccanico, si può calcolare il coefficiente di assorbimento di una sala; con questi valori si ha già un'idea della vivezza, ma la misura è anche un po' astratta, poichè ciò che si deve conoscere è il tempo di riverberazione. Entrambe le grandezze sono in relazione con espressioni semplici che permettono, nota una, di calcolare l'altra (questo è valido per locali poco assorbenti, in quelli molto assorbenti la cosa si complica abbastanza).

Il tempo di riverberazione per locali non superiori a 3.000 m^3 si ottiene moltiplicando il volume per 0,161 e dividendo tale prodotto per l'assorbimento *totale*. Così per il locale descritto precedentemente il tempo di riverberazione è di 1,1 sec nel primo caso e di 0,39 sec nel caso in cui si ricopra il pavimento e una parete.

In locali molto grandi occorre tener conto dell'assorbimento dell'aria contenuta; in quelli piccoli non si considera in quanto inapprezzabile.

Mediante il procedimento precedente si ottiene il tempo di riverberazione di qualsiasi locale; ora occorre solo confrontarlo con quello idoneo per ogni applicazione e vedere se è adeguato; se non lo fosse bisogna variare i materiali assorbenti per ottenerlo.

La prima cosa che occorre conoscere sono i tempi ottimali di riverberazione per le diverse applicazioni, che permetteranno di valutare i risultati raggiunti.

Per il parlato, un tempo grande produrrà una inintelleggibilità tra sillabe consecutive che non permetterà di comprendere le frasi.

Per la musica un tempo troppo lungo produce confusione ed uno troppo corto peggiora la qualità tonale del suono; d'altra parte dipende dal tipo di strumenti che suonano, e occorrerà un tempo maggiore o minore in funzione dell'energia prodotta, poichè la risonanza varierà in modo diverso. Per potenze elevate servono tempi più piccoli che per potenze basse. Come conseguenza il problema sarà diverso se la sala serve per un piccolo gruppo di strumenti o per un'orchestra completa.

E' stato stabilito, sperimentalmente, che il tempo di riverberazione ottimale per musica moderna è di 1,4 sec, per musica classica di 1,55 sec, e di 2,07 per musica romantica. In una sala per conferenze o in un cinema, si stima in 0,5 sec, per un piccolo studio radio o TV in 0,3 o 0,4 sec.

Nelle sale domestiche per l'ascolto di apparecchi stereofonici ad alta fedeltà, che sono i più diffusi, si stima il tempo intorno ai 0,4 o 0,5 sec. Se si tratta di apparecchi quadrifonici si dovrà ottenere un tempo minore possibile.

A questo punto si crea un nuovo problema: se si dispone di un solo au-

ditorio e lo si vuole utilizzare per diversi tipi di musica, i tempi non saranno quelli adatti a tutte le situazioni. Cosa si può fare in questo caso?

La soluzione più facile è di scegliere un compromesso e, se la sala si usa preferibilmente per musica classica, si sceglierà 1,7 sec che è un valore medio. Il procedimento ideale sarebbe di dotare la sala di pannelli assorbenti intercambiabili, ruotabili, portatili, ecc. In questo modo si potrebbe variare l'assorbimento del locale entro certi margini.

In realtà, il progetto di un auditorio per concerti è molto complesso, è quasi più un'arte che una scienza, ed esula, per la sua estensione, dall'ambito di quest'opera.

Sale per conferenze

In alcune occasioni può nascere il problema di preparare una sala per una conferenza, un atto musicale, un'audizione, o qualsiasi altro tipo di manifestazione.

Si suggeriscono alcune strade da seguire, e delle considerazioni di cui tenere conto. Supponiamo si tratti di una sala per conferenze per la quale si

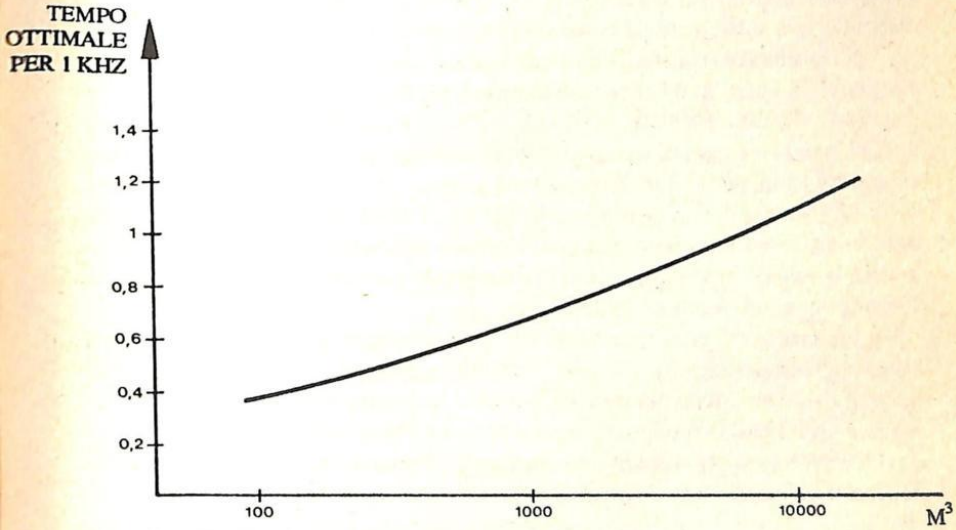


Fig. 14.-Grafico in cui compare il tempo di riverberazione ottimale di una sala per conferenze, in funzione del suo volume.

usufruirà poi di applicazioni multiple.

Nelle sale per conferenze si sceglie la intelleggibilità della parola, per cui il tempo di riverberazione ottimo si situa tra 0,4 e 0,8 sec, in funzione del volume della sala, come si può apprezzare dal grafico.

E' importante anche non perdere il timbro della voce che parla, per cui è necessario che le frequenze proprie siano poche e uniformemente distribuite e, se fosse possibile, al di sotto della frequenza della voce.

Tutti hanno osservato la differenza del timbro di voce registrando in un magnetofono; in parte è dovuto al microfono e alla qualità della registrazione, ma per il resto è conseguenza della sala in cui si registra.

Occorre fondamentalmente evitare la riflessione sul soffitto, sul pavimento, e sulla parete frontale, che sono i tre piani da trattare di preferenza.

Conviene ricoprire il soffitto con pannelli perforati separati dallo stesso e ripieni di materiale assorbente, formando una controsoffittatura.

Il pavimento verrà ricoperto con moquette folta, che inoltre renderà silenziosi i movimenti delle persone nella sala.

La parete frontale, almeno, si ricoprirà con pannelli di fibra di vetro o materiali simili. Con queste semplici operazioni si sarà ottenuto un miglioramento sostanziale nell'acustica della sala, suscettibile di ulteriori miglioramenti.

Se si potesse agire sulla costruzione, cosa che in generale è molto improbabile, si conformerebbero le pareti in modo che non risultino completamente parallele, agendo allo stesso modo per il soffitto ed il pavimento; un piccolo dislivello sarà sufficiente ad evitare una grande quantità di onde stazionarie.

Se la sala fosse sufficientemente grande occorrerebbe ricorrere a mezzi elettroacustici per l'amplificazione e diffusione del suono, per ottenere che arrivi nitido alle ultime file. In questo caso si useranno colonne sonore distribuite sulla parete e separate in modo conveniente (la distanza tra loro non deve superare i 15 m, per evitare fenomeni di eco).

Le colonne devono essere collocate a 1,5 m dal suolo, se gli ascoltatori sono seduti, e a 1,8 o 1,9 m se stanno in piedi. Si orienteranno in modo tale da inviare il suono verso il punto più distante; ciò si ottiene girando l'asse della colonna verso gli ultimi posti della sala.

I microfoni si posizioneranno sul tavolo, avendo cura che la prima colonna sia sufficientemente distante e diretta in senso opposto, poichè in caso diverso il suono della colonna entrerà nuovamente nel microfono, si amplificherà e uscirà dalla colonna, ripetendo il ciclo. Appaiono allora i fischi sgradevoli che purtroppo si ascoltano spesso. E' il fenomeno di *rialimentazione acustica o effetto Larsen*. Si evita in gran parte impiegando microfoni anti-Larsen.

Quanto al livello del segnale, è necessario che si situi al di sopra dei 50

dB, restando i componenti del rumore ambientale 30 dB al di sotto (per effettuare queste misure sarebbe necessario un misuratore di suono). Occorre usare tutti i mezzi per evitare il rumore dei passi, movimenti delle poltrone, condizionatori, ecc.

Se invece che per conferenze la sala si usa per la diffusione di registrazioni, non saranno più necessarie le precauzioni per i microfoni: non esisteranno; se si tratta però di musica occorrerà aumentare un po' il tempo di riverberazione. Ad esempio si potrebbero dotare le pareti laterali di pannelli o collocare delle tende, in modo che si utilizzeranno quando si tiene una conferenza e saranno eliminate, almeno in parte, quando si trasmette musica. E' necessario effettuare prove con l'informazione registrata, poichè questa può essere stata effettuata con risonanza sufficiente; in questo caso non sarà necessario diminuire l'assorbimento della sala; può servire così com'è.

La parola e la musica hanno campi di frequenza diversi, più ampi per la musica. Questo obbliga ad utilizzare casse acustiche di miglior qualità, poichè le colonne non avranno le caratteristiche desiderate (non è necessario usare ap-

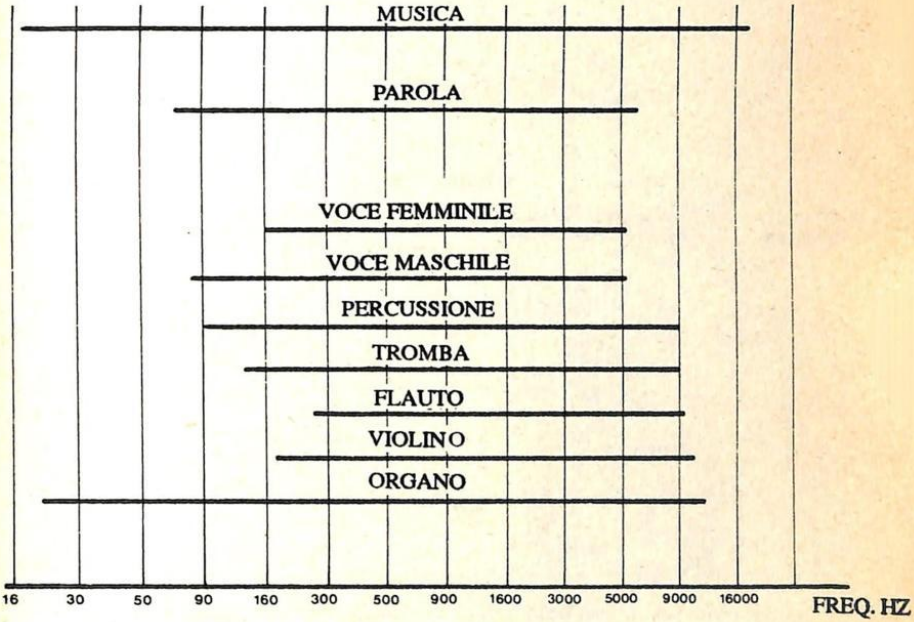


Fig. 15.-Diversi spettri sonori. La parola e la musica occupano ampiezze diverse dello spettro sonoro, e quello della musica è più ampio, il che obbliga ad usare apparecchi ad alta fedeltà se si vuole ottenere una buona risposta.

parecchiature ad alta fedeltà per l'amplificazione delle parole).

Le condizioni acustiche di una sala non saranno le stesse quando è vuota e quando è occupata dal pubblico, poichè ogni persona aumenta l'assorbimento dell'ambiente, diminuendo il tempo di riverberazione. Se tale fatto non viene previsto, una sala che risulta viva a vuoto può essere totalmente inerte quando si riempie.

Questo è ciò che si osserva in alcuni locali pubblici dove esiste megafonia, supermercati, magazzini, areoporti, stazioni, ecc. Se il suono è adeguato quando il locale è vuoto l'affluenza del pubblico lo rende insufficiente, mancando volume e viceversa. Sarebbe necessario aumentare il volume sonoro in modo proporzionale all'occupazione dell'ambiente. In installazioni semplici ciò avviene manualmente. Esistono apparecchiature elettroniche che effettuano la correzione in modo automatico.

Si distribuiscono nel locale dei ricevitori di segnale (microfoni) che, essendo calibrati per un dato volume, mediante un circuito, agiscono sull'amplificatore, in modo da aumentare il volume quando il livello in sala diminuisce e viceversa; in questo modo si tiene l'ambiente sotto controllo in ogni momento di ascolto. E' un procedimento costoso, ma efficace.

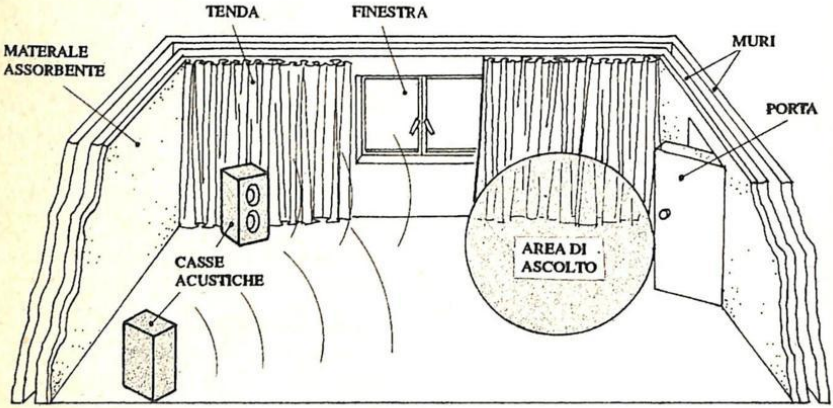


Fig. 16.-Condizionamento acustico di una sala. Per diminuire il tempo di riverberazione ed evitare le riflessioni consecutive, si tratteranno sempre le pareti antistante e posteriore all'ascoltatore, ed è consigliabile coprire parzialmente le laterali.

Caso pratico

Questa è la parte che probabilmente interessa di più all'appassionato di alta fedeltà. Come preparare e quali considerazioni fare per una sala di ascolto stereofonica.

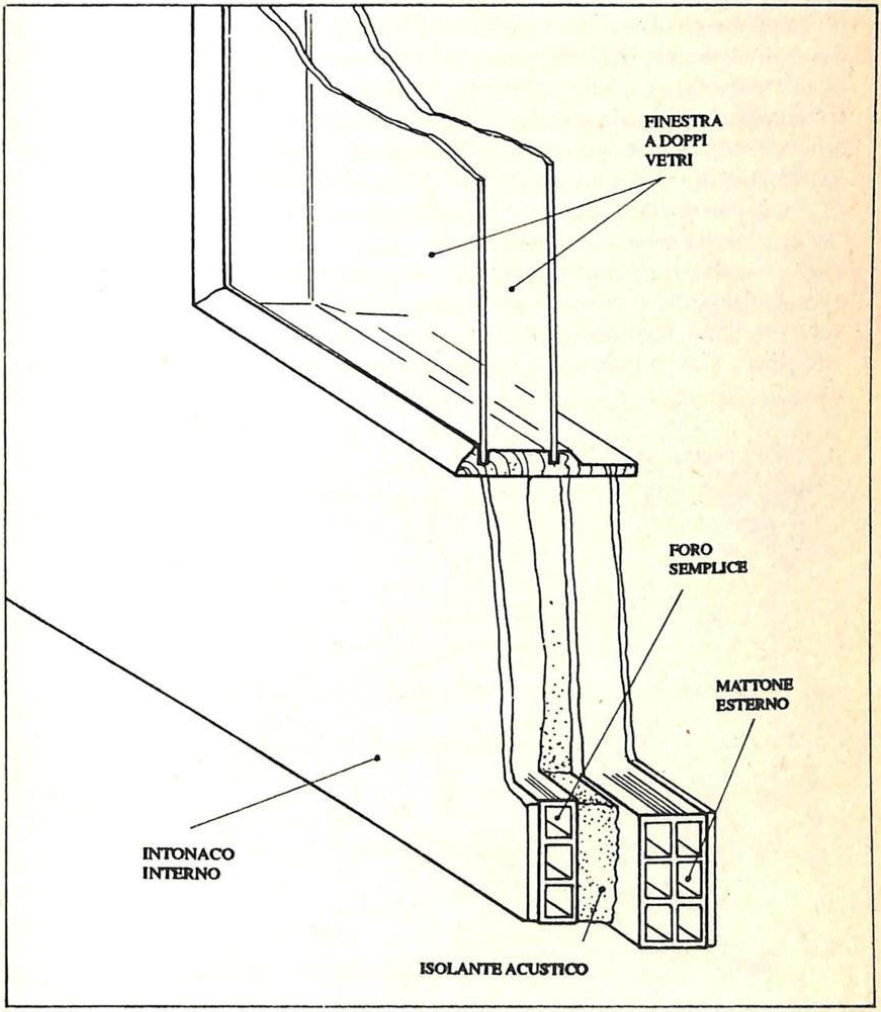


Fig. 17.-Metodo di isolamento convenzionale durante la costruzione di una casa.

L'azione si limiterà all'interno della sala, perchè normalmente l'abitazione è già costruita e non si può agire sugli elementi costruttivi.

In primo luogo non bisogna dimenticare che la stereofonia in alta fedeltà cerca la naturalezza del suono, cioè di riprodurre il più fedelmente possibile la situazione delle sorgenti sonore nello spazio, in modo che il suono abbia la bellezza tonale originale. Ascoltando un'orchestra si devono localizzare acusticamente tutti gli strumenti: i violini primi e secondi, a sinistra e destra e in primo piano; gli oboe, dietro, a sinistra; i flauti e gli ottoni a destra; la percussione, al fondo, ecc. Per ottenere quanto sopra sono necessarie due condizioni opposte: da una parte il suono naturale si ottiene con un tempo di riverberazione ottimale grande, e dall'altra la localizzazione esige un tempo molto breve. Occorre adottare una soluzione di compromesso. Il tempo stimato per l'ascolto stereofonico è da 0,3 a 0,4 sec; in sale di dimensioni non molto grandi non dovrà superare 0,5 sec (si ricorda che le registrazioni hanno già *incluso* il loro tempo di riverberazione).

Una abitazione come quella descritta precedentemente, per la quale si era calcolato l'assorbimento, ha un tempo di riverberazione troppo grande (1,1 sec); per diminuirlo occorrerà effettuare un rivestimento assorbente adeguato alle pareti. Si sceglierà, per posizionare le casse acustiche, la parete minore,

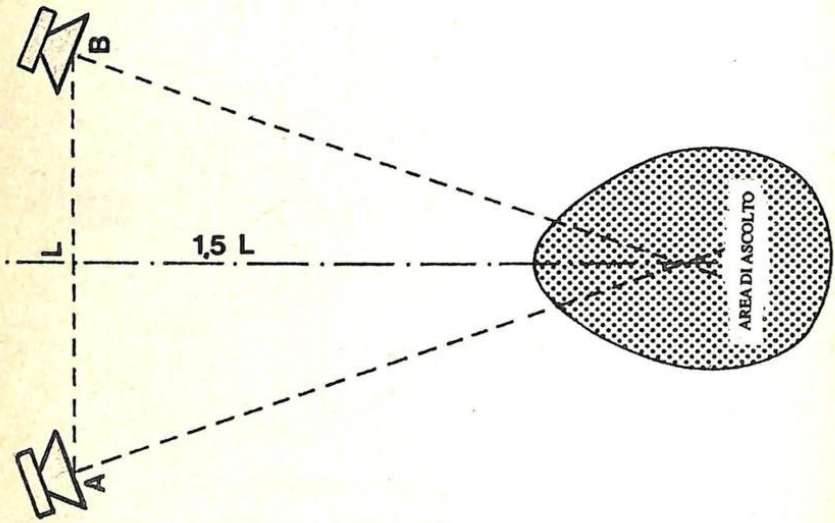


Fig. 18.-Il centro dell'area di ascolto stereofonico si trova a 1,5 volte la distanza esistente tra le casse acustiche.

poichè l'area di ascolto adatta si trova a 1,5 volte la distanza tra gli altoparlanti.

E' conveniente che questi non si trovino troppo vicino alle pareti nè agli angoli, poichè si produce un rafforzamento delle basse frequenze.

Posizionate le casse, occorre occuparsi delle pareti, posteriore e frontale alle casse; tali pareti dovranno essere coperte con materiale di elevato assorbimento, fibra di vetro o simile, che dovrà essere esteso approssimativamente fino alla terza parte delle pareti laterali. Per evitare i problemi creati da porte e finestre, ed aumentare l'assorbimento, è conveniente ricoprire le pareti laterali con tende di tela leggera, ad esempio cotone. L'assorbimento della tenda si può variare allargandola più o meno (una tenda liscia di questo tipo ha un coefficiente di assorbimento a 1.000 Hz di 0,22 e, aperta a 3/4 della sua lunghezza, di 0,57). Questo è un elemento molto facile da utilizzare per controllare l'assorbimento.

Se esiste una porta in qualcuna delle zone da ricoprire, verrà coperta con lo stesso materiale, e conviene lasciare delle sporgenze sullo stesso per coprire le fessure. Si deve far sì che sulle pareti da ricoprire non esistano finestre, scegliendo in caso contrario un'altra posizione per le casse acustiche.

Il pavimento andrà ricoperto con una moquette folta, da 10 o 15 mm, preferibilmente in lana. Questo eviterà inoltre il rumore dei passi e dei movimenti per la sala.

Sul soffitto si costruirà un controsoffitto con materiale del tipo a lastre perforate, esistente in commercio sotto vari nomi, o con poliuretano espanso

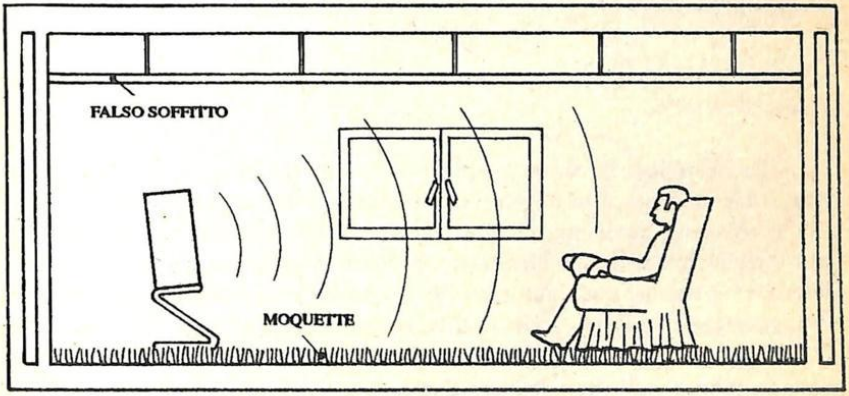


Fig. 19.-Il pavimento dovrà essere ricoperto con moquette grossa, e sul soffitto si metteranno pannelli assorbenti, formando un controsoffitto.

o sughero, posizionandolo a una decina di centimetri dal soffitto effettivo. E' importante assicurare le lastre molto bene per evitare crepe e vibrazioni.

Questo è un esempio di semplice trattamento di una sala di ascolto, che riunisce economia e buoni risultati.

Si forniscono nel seguito alcune regole fondamentali di cui tener sempre conto per il miglior rendimento di una installazione ad alta fedeltà.

Le casse acustiche si collocheranno elevate dal pavimento, in modo che l'asse della cassa (o almeno l'asse del *tweeter*) coincida con la testa dell'ascoltatore. Si metteranno su un piedestallo, isolate dai mobili, e non integrate in questi.

I mobili saranno distribuiti in modo da non produrrre ombre nella zona d'ascolto. Il cammino casse-ascoltatore deve essere libero; gli ostacoli impediscono il passaggio dei segnali acuti e disperdono i bassi, rendendo difficile la loro localizzazione. Si eviteranno i mobili facili a subire vibrazioni come vetrine, librerie modulari, ecc.

La zona di ascolto si pone a 1,5 volte la distanza tra le casse; l'area di questa zona viene definita dall'angolo di diffusione orizzontale proprio delle casse.

Occorrerà predisporre il posizionamento delle casse in modo che le finestre si trovino sulle pareti laterali.

Occorre trattare acusticamente almeno una parete, la frontale o la posteriore (è preferibile quest'ultima). Sarà comunque sempre meglio trattarle entrambe.

Dotare le pareti laterali di tende, almeno quelle che hanno la finestra; la tenda occuperà tutta la parete.

Attenzione alle porte; sono pannelli riverberanti e inoltre selettivi con la frequenza; è conveniente trattarle sempre con materiale assorbente.

Rumore esterno

L'abitazione in generale si troverà chiusa in una città più o meno rumorosa; i veicoli, l'industria, e i servizi del proprio edificio, sono sorgenti di rumori e vibrazioni che, oltre a non permettere di ascoltare in modo passabile le registrazioni, le trasformeranno in un supplizio. Proprio durante questo *pianissimo* doveva passare quell'autocarro! E' abbastanza inevitabile; gli edifici non sono generalmente isolati come tutti vorrebbero.

Il rumore esterno penetra nei locali fondamentalmente attraverso l'aria, o anche tramite vibrazioni della struttura. Se si vuol avere un basso livello di rumore è necessario isolare, mettere ostacoli al rumore; per questo occorre che i muri siano di spessore sufficiente, e che esista qualche intercapedine isolan-

te.

Se i muri dell'edificio possiedono intercapedini d'aria, si sarà ottenuto abbastanza, ma si potrebbe migliorare se si riempissero queste intercapedini con qualche prodotto di quelli esistenti in commercio, che si iniettano nel muro e si espandono riempiendole. Se è possibile intervenire sulla costruzione della propria abitazione, occorre ottenere un buon isolamento acustico con l'esterno. Ciò non è troppo complicato, perchè normalmente questi edifici unifamigliari si costruiscono in zone tranquille e un po' distanti dal centro della città.

Si può ottenere un buon isolamento mediante una struttura discontinua, muri di spessore sufficiente, intercapedine riempita con isolante, finestre con doppi vetri a tenuta perfetta, così come porte con battenti che permettano una chiusura perfetta, utilizzando, se è necessario, qualche tipo di tenuta in gomma per evitare tutte le fessure, poichè queste si trasformerebbero in focolai di irradiamento del rumore.

Si può inoltre preparare direttamente il falso soffitto con un piccolo dislivello, ed evitare il parallelismo tra le pareti, sopprimendo così una grande quantità di onde stazionarie.

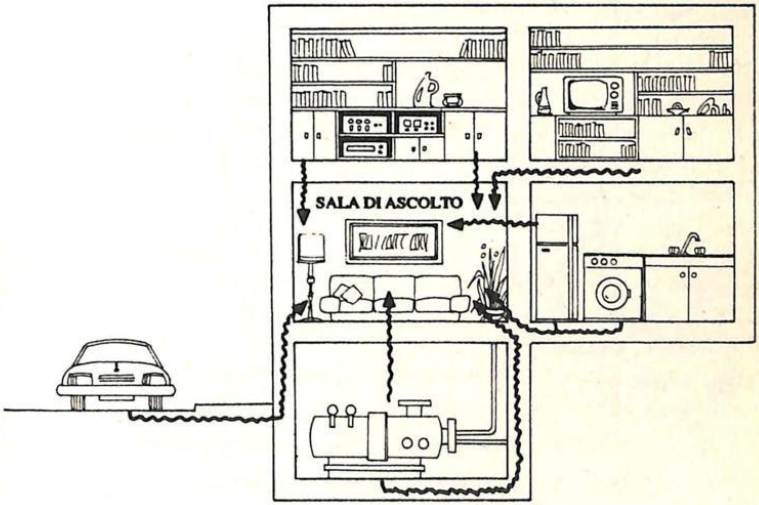


Fig. 20.-Trasmissione di vibrazioni attraverso la struttura.

In questo modo si sarà ottenuto un buon isolamento dal rumore esterno; si può inoltre ottenere che l'isolamento sia contemporaneamente anche termico. Si diminuiranno le perdite di calore in inverno e di refrigerazione in estate, con conseguente economia di riscaldamento e condizionamento.

Come è stato detto all'inizio di questo paragrafo, si possono isolare anche le vibrazioni. Se si è molto esigenti si farà in modo che l'ambiente destinato a sala d'ascolto sia progettato e ubicato nell'edificio, in modo che gli vengano trasmesse minime vibrazioni. Le vibrazioni si trasmettono attraverso la struttura continua, e la loro intensità non è molto influenzata dalla distanza.

La cosa più pratica, è costruire strutture discontinue che prevedano il percorso delle vibrazioni, trattenendole.

D'altra parte, un altro modo di trattenere le vibrazioni, è di agire nel luogo in cui si producono, anche se non è sempre possibile.

Quando si ha la possibilità di farlo si agirà sulle macchine che le producono, collocandole su bancali adatti, con supporti elastici e non direttamente sul pavimento.

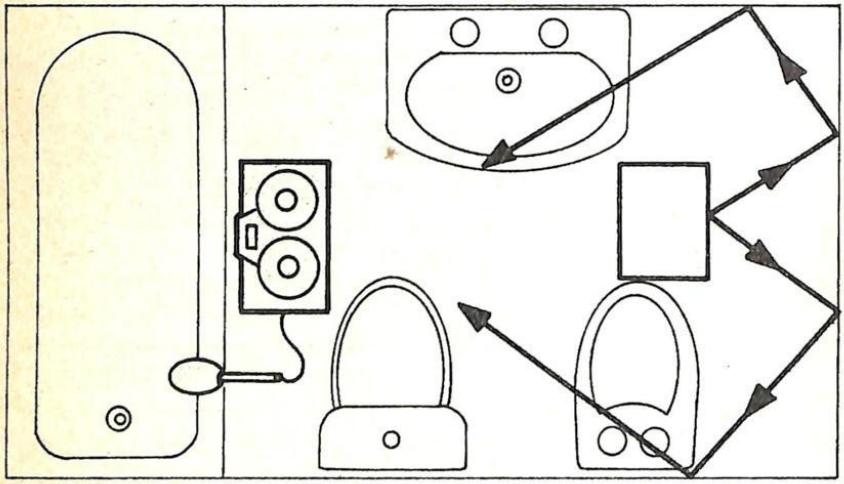


Fig. 21.-Se si vogliono effettuare registrazioni che sembrano eseguite in locali riverberanti, possiamo utilizzare una stanza da bagno ampia. Si elimineranno tutti gli elementi assorbenti: asciugamani, tende, ecc.

Camere anecoiche e riverberanti

I casi limite delle sale, per quanto si riferisce al tempo di riverberazione, sono gli *ambienti anecoici* e quelli *riverberanti.*

Le camere anecoiche si utilizzano per effettuare misure di elementi acustici nei quali non si vogliono avere riflessioni, e in cui interessa solo il suono diretto. Si creano le caratterestiche del campo libero senza i suoi problemi di rumore ambientale.

In questi ambienti le pareti, il pavimento, e il soffitto, sono ricoperti di materiali molto assorbenti, disposti in modo da non formare superfici piane e cercando di arrivare ad un coefficiente di assorbimento medio prossimo all'unità. La dimensione minima non dovrà essere minore della lunghezza d'onda più grande da riprodurre, benchè questo limite non sempre sia rispettatto per motivi di spazio.

La camera potrà essere costruita appoggiata al suolo del proprio edificio, nel cui caso sarà influenzata da vibrazioni e rumori trasmessi dalla struttura. Si deve montare sospesa su supporti elastici; la porta deve essere grande e pesante, ricoperta, come tutto l'interno della camera, e le sue chiusure devono essere tali da rendere la porta solidale al resto della camera.

Il contrario della camera anecoica è la camera riverberante. Le sue pareti non saranno parallele, nè di dimensioni simili, rivestite di materiale con assorbimento quasi nullo, con superfici liscie e lucide. In questi ambienti il tempo di riverberazione è molto grande e si crea un campo diffuso. L'elemento che si vuole provare o misurare in queste condizioni si porrà sempre vicino a una parete.

Nella propria abitazione la cosa più simile ad una camera riverberante è il bagno (sempre che sia abbastanza piccolo). Le sue pareti sono poco assorbenti poichè sono ricoperte da piastrelle ceramiche con superficie liscia, e non esistono in generale mobili degni di considerazione acustica.

Si può utilizzarlo se si vogliono ottenere registrazioni che sembrino eseguite in sale con grande riverberazione. Occorre fare attenzione ad eliminare preventivamente tutti gli elementi assorbenti, asciugamani, tende, ecc.

Invece come ambiente a bassa riverberazione si può utilizzare quello in cui esistono tappeti, grandi tende, poltrone imbottite e mobili pesanti. Anche le sue dimensioni dovranno essere piccole. Si potrebbe anche utilizzare un grande armadio a muro, pieno di abiti, anche se indubbiamente sarà più scomodo. In questi ambienti si otterranno registrazioni completamente inerti, con poca brillantezza tonale.

LIBRI DI BASE

ELETTRONICA

GRUPPO EDITORIALE JACKSON

DIRETTORE RESPONSABILE: Paolo Reina
DISTRIBUZIONE: Sodip S.p.A. - Milano
Spedizione in abb. postale gruppo II/70
Aut. N. 793 del 30/11/87

L. 4.500
Frs. 6,75

N. 12

Se hai l'esigenza di conoscere per costruire tutto sull'elettronica, il Gruppo Editoriale Jackson ti propone i nuovi:

"Libri di Base Elettronica",

20 preziose guide attraverso circuiti, componenti, grafici, fotografie e soprattutto innumerevoli idee per scatenare la tua fantasia con progetti collaudati e di immediata realizzazione.

DELLA STESSA COLLANA FANNO PARTE :

E1 - ELETTRONICA IN AUTO
E2 - LABORATORIO
E3 - AMPLIFICATORI OPERAZIONALI
E4 - VIDEOREGISTRATORI
E5 - REALIZZAZIONI PRATICHE
E6 - COMPONENTI DI BASE
E7 - ANTENNE CENTRALIZZATE
E8 - COMANDI A DISTANZA
E9 - SEMICONDUTTORI
E10 - MOTORINI ELETTRICI
E11 - STRUMENTI DI MISURA
E12 - TECNICHE PRATICHE PER L'HOBBISTA
E13 - USO DELL'OSCILLOSCOPIO
E14 - ANTENNE RICEVENTI E TRASMITTENTI
E15 - CIRCUITI INTEGRATI
E16 - ELETTRONICA DI POTENZA
E17 - MICROPROCESSORI
E18 - ELETTRONICA E MEDICINA
E19 - APPARECCHIATURE HI - FI
E20 - ROBOTICA

Sarebbe inutile disporre di una buona apparecchiatura elettonica se non si fosse in grado di collegare tra loro i moduli da cui è costituita.
I segnali elettrici elaborati da questi complessi apparecchi sono vari, ad esempio, non si può utilizzare un cavo di collegamento degli altoparlanti per trasferire il segnale dalla presa di antenna di un appartamento ad un televisore, non solo a causa della forma e dimensone del connettore, ma per le caratteristiche elettriche intrinseche del cavo.
A volte è necessario agire sulle saldature di un apparecchio, per riparazioni o regolazioni, operazione abbastanza semplice che si deve effettuare senza causare danni al circuito stampato. La semplice effettuazione di una saldatura deve essere eseguita seguendo delle regole elementari per evitare errori, poichè è un peccato che apparecchi ben progettati presentino molti difetti a causa di saldature mal fatte.
Un apparecchio deve lavorare nelle condizioni per cui è stato progettato e per questo occorre rispettare certe norme; alcune sono facilmente comprensibili, ma altre devono essere conosciute adeguatamente per ottenere il miglior guadagno dagli apparecchi elettronici.